



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104011275 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201280062836. 3

D03D 1/00(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 10. 10

F41H 1/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/549004 2011. 10. 19 US

13/647926 2012. 10. 09 US

(56) 对比文件

US 7964518 B1, 2011. 06. 21,

US 6642159 B1, 2003. 11. 04,

US 2003/0228815 A1, 2003. 12. 11,

US 4748064 A, 1988. 05. 31,

US 2010/0275764 A1, 2010. 11. 04,

CN 1662369 A, 2005. 08. 31,

CN 101454634 A, 2009. 06. 10,

CN 101511580 A, 2009. 08. 19,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 06. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/059435 2012. 10. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/103415 EN 2013. 07. 11

审查员 陈宁

(73) 专利权人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 A. 巴特纳加 B. D. 阿维森

H. G. 阿迪夫 C. 阿内特

D. A. 赫斯特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 赵苏林 杨思捷

(51) Int. Cl.

D03D 15/00(2006. 01)

D04H 3/12(2012. 01)

D04H 3/04(2012. 01)

权利要求书2页 说明书15页

(54) 发明名称

用于防弹应用的高性能层压带 & 相关产品

(57) 摘要

由纤维带形成的高度均匀的机织纤维结构, 其中所述带构成机织织物的经向和纬向带。各纤维带可以是机织或非织造的, 并可以作为窄带形成或可以从更宽的织物网幅上切下。

1. 包含多个纤维带的机织织物,其中所述机织织物具有在经向和纬向两个方向机织在一起的纤维带,并且各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有7克/旦或更大的韧度和150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%。

2. 权利要求1的机织织物,其中各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列的多个纤维,其中每个纤维带包含2至20个纤维,其中每个带的宽度为5毫米至50毫米,其中每个带的纤维被聚合粘合剂材料涂布,以及其中每个纤维包含30至2000根单长丝。

3. 权利要求1的机织织物,其中各纤维带包含非织造的单向取向的基本平行纤维的单层片,以及其中每个纤维带的宽度为5毫米至25.4毫米。

4. 权利要求1的机织织物,其中各纤维带包含多个交叉层叠的非织造纤维层片,各非织造纤维层片包含多个非织造的单向取向的基本平行的纤维,多个所述非织造纤维层片固结为单一的整体带。

5. 权利要求1的机织织物,其中各纤维带包含机织织物条,其中各机织织物条包含一个或多个机织纤维层。

6. 权利要求1的机织织物,其中所述聚合粘合剂材料存在并包含热塑性聚合物和/或热固性聚合物,其中所述聚合粘合剂材料占各纤维带的5重量%至30重量%。

7. 权利要求1的机织织物,其中每个带的宽度为5毫米至10毫米。

8. 权利要求7的机织织物,其中所述机织织物在经向和纬向的每一个中都包含0.25至6个纤维带/英寸。

9. 权利要求1的机织织物,其中各纤维带具有外顶面和外底面,以及其中至少一个所述纤维带进一步包含附着到纤维带的所述外顶面和所述外底面的至少一个的聚合物膜。

10. 形成防弹机织织物的方法,其包括:

a) 提供多个纤维带,各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有7克/旦或更大的韧度和150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%;和

b) 将所述多个纤维带织在一起,由此形成机织织物,其中所述机织织物具有在经向和纬向两个方向机织在一起的纤维带。

11. 权利要求10的方法,其中所述机织织物包含2至10个纤维带,且其中各纤维带包含2至20个纤维,以及其中每个纤维带的宽度为5毫米至20毫米。

12. 包含固结的多个机织织物的多层防弹复合材料,各机织织物包含多个纤维带,其中所述机织织物具有在经向和纬向两个方向机织在一起的纤维带,以及各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有7克/旦或更大的韧度和150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%。

13. 权利要求12的多层防弹复合材料,其中各纤维带包含多个非织造纤维层片,各非织造纤维层片包含多个非织造的单向取向的基本平行的纤维,多个所述非织造纤维层片固结

为单一的整体带,以及其中每个纤维带的宽度为5毫米至50毫米。

用于防弹应用的高性能层压带&相关产品

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2011年10月19日提交的共同待审的美国临时申请序列号No. 61/549,004的权益,其公开内容全文并入本文中作为参考。

[0003] 发明背景。

发明领域

[0004] 本发明涉及由机织织物带、非织造织物带或非织造的单向取向纤维阵列的带形成的高度均匀的机织(woven)纤维结构,以及它们的制造方法。

[0005] 相关技术描述

[0006] 由包含高强度合成纤维的复合材料制成的防弹制品是公知的。防弹背心、头盔、车身板和军事装备的结构件之类的制品通常由包含高强度纤维,如SPECTRA® 聚乙烯纤维或芳族聚酰胺纤维如KEVLAR® 和TWARON® 的织物制成。对许多应用,如背心或背心部件而言,可以在机织或针织物中使用该纤维。对另一些应用而言,可以将该纤维包封或嵌在聚合基质材料中并形成非织造织物。例如,在一种常见的非织造织物结构中,许多单向取向的纤维以大致共面关系排列并被基质材料涂布以将纤维粘合在一起。通常,多个这样的单向取向纤维层片合并成多层片复合材料。参见例如美国专利4,403,012、4,457,985、4,613,535、4,623,574、4,650,710、4,737,402、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492、6,846,758(所有这些都并入本文中作为参考),它们描述了包括多个非织造纤维层片的防弹复合材料。

[0007] 为使纤维防弹复合材料制品的防弹性最大化,希望相邻纤维之间的空间极小以促进在射弹冲击下最大限度的纤维咬合。实现其的一种方式是通过在复合材料内加入更多纤维或纤维层。但是,提高纤维含量使得装甲更重,这是不合意的。特别是在由平行纤维制造非织造材料时,实现纤维之间的最小空间的另一方式是铺开纤维或它们的组成长丝以使更少的纤维互相重叠。这允许更大数量的纤维层或单向纤维层片互相叠加而不改变预期复合材料厚度,这增强射弹威胁下的纤维咬合而不提高织物重量。

[0008] 但是,在铺展纤维时,仍然难以消除单一的单向纤维阵列中的所有纤维重叠,尤其是在铺展连续纤维时。另外,在借助或不借助纤维铺丝将纤维排列成平行阵列时,难以保持该阵列的整个宽度上的纤维均匀性,特别是在定位长连续纤维时。纤维的单向阵列通常作为几千米长和几厘米宽的连续纤维网加工。纤维的显著长度使得难以在加工过程中沿该阵列的整个宽度保持一致的纤维取向。这是成问题的,因为阵列中的纤维不均匀性导致不均匀和不可预测的防弹性能。此外,加工大纤维网要求使用昂贵的设备,这在商业规模下对于复合材料制造是禁止性的。

[0009] 希望提供具有降低的厚度和改进的纤维均匀性的纤维复合材料,这导致更高的与射弹的咬合和改进的防弹性质。还希望提供能够使用较便宜的加工设备的制造此类复合材料的方法。本发明为这些各需求提供解决方案。

[0010] 发明概述

[0011] 本发明提供包含多个纤维带的机织织物,各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有大约7克/旦或更大的韧度和大约150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%。

[0012] 本发明还提供形成防弹机织织物的方法,其包括:

[0013] a) 提供多个纤维带,各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有大约7克/旦或更大的韧度和大约150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%;和

[0014] b) 将所述多个纤维带织在一起,由此形成机织织物。

[0015] 本发明还进一步提供包含固结的多个机织织物的多层防弹复合材料,各机织织物包含多个纤维带,各纤维带包含以单向的基本平行阵列排列或以机织织物条形式排列的多个纤维,所述纤维任选至少部分被聚合粘合剂材料涂布,其中各所述纤维具有大约7克/旦或更大的韧度和大约150克/旦或更大的拉伸模量,其中各纤维包含多根长丝,且其中所述聚合粘合剂材料在存在时占各纤维带的小于40重量%。

[0016] 发明详述

[0017] 本文所用的术语“带”是指包含多个纤维或纱线的纤维材料窄条。该带可包含机织织物条,或可包含以大致平行纤维的大致单向阵列排列的多个纤维或纱线,且其中这些纤维/纱线任选但优选被聚合粘合剂树脂涂布。将此类带制成机织织物,其中它们构成机织织物的经向和纬向带。

[0018] 在一个特别优选的实施方案中,合并使用机织织物和非织造织物技术以制造机织纤维复合材料,其中非织造的多纤维(或多纱)带构成机织织物中的经向和纬向带。这些纤维复合材料可用于制造软质和硬质装甲制品。通过织造实现的纤维机械连锁和任选与聚合粘合剂材料的粘合连锁能与传统非织造材料相比降低聚合粘合剂含量而不牺牲防弹性能。

[0019] 可以通过将多个纤维或纱线组合成薄的窄结构而直接制造带。或者,可以通过首先形成单向纤维层片、包含多个单向纤维层片的非织造织物或非织造纤维层、或机织织物或机织纤维层、接着从该纤维层片、纤维层或织物上剖切或切割薄条来制造带,其中各条构成单一带。

[0020] 该带优选是具有最多大约3密尔(76.2微米),更优选大约0.35密尔(8.89微米)至大约3密尔(76.2微米),最优选大约0.35密尔至大约1.5密尔(38.1微米)的优选厚度的扁平结构。带通常具有小于或等于大约6英寸(15.24 cm)的宽度,优选宽度为大约5毫米至大约50毫米,更优选大约5毫米至大约25.4毫米(1英寸),甚至更优选大约5毫米至大约20毫米,最优选大约5毫米至大约10毫米。各纤维带包括至少两根纤维,优选2至大约20根纤维,更优选大约2至大约15根纤维,最优选大约5至大约10根纤维。

[0021] 本文所用的术语“纤维”是长度远大于宽度和厚度的横向尺寸的细长体。用于本发明的纤维的横截面可千差万别,它们的横截面可以是圆形、扁平或长椭圆形。因此术语“纤维”包括具有规则或不规则横截面的长丝、带、条等,但该纤维优选具有基本圆形横截面。单纤维可以由仅一根长丝形成或由多根长丝形成。由仅一根长丝形成的纤维在本文中被称作“单丝(single-filament)”纤维或“单丝(monofilament)”纤维,由多根长丝形成的纤维在

本文中被称作“复丝”纤维。本文所用的术语“纱线”是指由多个纤维构成的单股。

[0022] 本文所用的“层”描述纤维的大致平面布置,“纤维层”可包含单向取向纤维的单层片、单向取向纤维的多个层片、机织织物、或由许多纤维形成的任何其它织物结构,包括毡、垫和其它结构,如包含无规取向纤维的那些。各纤维层片、纤维层和带具有外顶面和外底面。

[0023] 如本领域中传统已知的那样,单向取向纤维的“单层片”包含以纤维的基本平行的单向并排阵列排列的大致非重叠的共面纤维的布置。这种类型的纤维布置在本领域中也称作“单带”、“单向带”、“UD”或“UDT”。本文所用的“阵列”描述纤维或纱线的有序排列,这是机织织物独有的,“平行阵列”描述纤维或纱线的有序平行排列。就“取向纤维”所用的术语“取向”是指与纤维拉伸相反的纤维排列。术语“织物”描述可包括一个或多个纤维层片的结构,这些层片经过或未经过模制或固结。例如,机织织物或毡可包含单个纤维层片。由单向纤维形成的非织造织物通常包含互相叠加并固结的多个纤维层片。本文所用的“单层”结构是指由一个或多个独立层片或独立层构成的任何整体纤维结构,它们已与聚合粘合剂材料一起合并成,即通过低压层压或通过高压模制固结成单一整体结构。“固结”是指聚合粘合剂材料与各纤维层片一起结合成单一整体层。可通过干燥、冷却、加热、压力、压延或它们的组合实现固结。热和/或压力可能不是必要的,因为纤维或织物层可以仅胶粘在一起,如湿层压法的情况中那样。术语“复合材料”是指纤维与至少一种聚合粘合剂材料的组合。本文所用的“复杂复合材料”是指多个纤维层的固结组合。本文所述的“非织造”织物包括不通过织造形成的所有织物结构。例如,非织造织物可包含多个单向带,它们至少部分被聚合粘合剂材料涂布,堆叠/重叠并固结成单层整体元件,以及包含优选被聚合粘合剂组合物涂布的非平行无规取向纤维的毡或垫。对本发明而言,具有优异的防弹药穿透性的制品描述了表现出优异的抗可变形弹(如子弹)和抗碎片(如榴霰弹)穿透性质的那些。

[0024] 可以使用本领域中传统上用于形成非织造单向纤维层片或单向纤维层的技术制造非织造带。在用于形成非织造单向纤维层片的典型方法中,从筒子架供应纤维束并经由导丝器和一个或多个分纱器杆(spreader bars)引导到准直梳中,接着任选但优选聚合粘合剂材料涂布纤维。或者,纤维可以在遇到分纱器杆之前涂布或它们可以在两组分纱器杆(一组在涂布段之前,一组在涂布段之后)之间涂布。典型的纤维束(例如纱线)具有大约30至大约2000根单长丝,各纤维通常包括,但不限于,大约120至大约360根单长丝。分纱器杆和准直梳分散和铺开成束纤维,使它们以共面方式并排重组。理想的纤维铺展使得单长丝或单纤维在单纤维面中彼此紧邻,以形成纤维的基本单向的平行阵列,而没有纤维互相重叠。在纤维铺展和准直后,这种平行阵列的纤维通常根据纤维厚度含有大约3至12个纤维端/英寸(1.2至4.7端/厘米)。

[0025] 通常将根据这种方法制成的非织造单向纤维层片加工成具有大约20”(50.8 cm)至大约70”(177.8 cm)的宽度,但可以限制或修改该方法以将带宽限制在所需范围内。例如,可以使用较少的纤维束进行传统加工步骤并在经由导丝器和分纱器杆将它们引导到准直梳时将纤维束隔开,由此形成薄的纤维阵列。在这一实施方案中,各纤维束供应单根复丝纱(复丝纤维),因此可以通过控制所用纤维束的数量和通过控制纤维铺展程度来控制此类薄阵列的宽度。各薄阵列然后优选根据本领域中的传统技术用聚合粘合剂材料涂布。

[0026] 可以使用各种其它手段将该带限制至所需宽度。例如,可以将标准厚度的单向带

切割或分切成具有所需长度的带,这是由多层片的非织造纤维层制造带的理想方法。在美国专利6,098,510中公开了分切装置的一个实例,其教导了在片材网卷绕到所述辊上时分切该片材网的装置。在美国专利6,148,871中公开了分切装置的另一实例,其教导了用多个叶片将聚合膜片分切成多个膜条的装置。美国专利6,098,510和美国专利6,148,871的公开内容都在与本文不冲突的程度上并入本文作为参考。

[0027] 在另一方法中,可以通过将纤维/纱线阵列送入具有成型模头的成型装置来制造具有所需宽度的连续非织造带。例如,多个纤维/纱线可经过具有矩形横截面的成型模头进给以形成扁平的矩形带。可以按需要使用其它横截面形状。可以在将多个纤维成型之前或之后用聚合粘合剂或树脂材料涂布这些纤维。优选在纤维经过成型模头之前用粘合剂/树脂涂布它们以助于保持形状。就此而言,该粘合剂/树脂优选在纤维经过模头时没有完全固化。

[0028] 例如在名为“High Strength Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Tape Articles”的美国专利8,236,119和名为“High Strength Tape Articles From Ultra-High Molecular Weight Polyethylene”的在2011年2月4日提交的美国专利申请序列号13/021,262中也描述了制造非织造纤维带的方法,它们的公开内容并入本文中作为参考。

[0029] 在该带包含机织织物薄条的另一实施方案中,拟用在防弹材料中的机织织物也通常被加工成具有大约20”(50.8 cm)至大约70”(177.8 cm)的宽度。如同非织造材料那样,可以将标准厚度的机织织物(例如宽幅织物)切割或分切成具有所需长度的带,例如通过使用如美国专利2,035,138;4,124,420;5,115,839;6,098,510或6,148,871中公开的分切装置,它们各自在与本文不冲突的程度上并入本文作为参考。也已知通过织造织物薄条而非从宽幅织物上切条来形成条带和类似的窄结构,这通常可通过调节任何传统织机上的设置实现,如美国专利2,035,138;4,124,420;5,115,839中公开的那些,或通过使用专门用于织造窄机织织物或条带的织带机实现。例如在美国专利4,541,461;5,564,477;7,451,787和7,857,012中公开了可用的织带机,它们各自转让给Textilma AG of Stansstad, Switzerland并且各自在与本文不冲突的程度上并入本文作为参考,尽管任何替代性的织带机同样可用。在本文中可以使用任何传统方法,使用任何织物织造形式,其中限制织造以将带宽度限制在所需范围内。但是,从宽幅织物上切条是更有效并因此优选的。因此,可以使用形成薄的可织织物条的任何可用的方法。

[0030] 然后将多个带织造在一起以形成机织带基织物。可以使用本领域中公知的技术使用任何织物组织,如平纹组织、四经破缎纹、方平组织、缎纹组织、斜纹组织等形成机织织物。平纹组织最常见,其中纤维以正交0°/90°取向织在一起。更优选的是具有相等的经纱和纬纱数的平纹织物。在一个实施方案中,该机织织物优选在经向和纬向中都具有大约0.25至大约6个带/英寸(每2.54厘米),更优选在经向和纬向中都具有大约0.5至大约6个带/英寸(每2.54厘米),最优选在经向和纬向中都具有大约2至大约6个带/英寸(每2.54厘米)。结果获得具有大约20克/平方米(gsm)至大约100 gsm,更优选大约30 gsm至大约80 gsm,最优选大约35 gsm至大约60 gsm的优选面密度的机织织物。

[0031] 所述带和纤维层(任选从中切出所述带)优选由高强度高拉伸模量聚合纤维形成。该纤维最优选包含可用于形成防弹材料和制品的高强度高拉伸模量纤维。本文所用的“高

强度高拉伸模量纤维”是具有至少大约7克/旦或更大的优选韧度、至少大约150克/旦或更大的优选拉伸模量、至少大约8 J/g或更大的优选致断能量的纤维,各自通过ASTM D2256测量。本文所用的术语“旦”是指等于每9000米纤维或纱线的质量(以克计)的线性密度单位。本文所用的术语“韧度”是指以无应力试样的力(克)/单位线性密度(旦)表示的拉伸应力。纤维的“初始模量”是代表其抗形变性的材料性质。术语“拉伸模量”是指以克-力/旦(g/d)表示的韧度变化与以原始纤维长度的分数(in/in)表示的应变变化的比率。

[0032] 形成纤维的聚合物优选是适用于制造防弹复合材料/织物的高强度高拉伸模量纤维。特别适用于形成防弹复合材料和制品的特别合适的高强度高拉伸模量纤维材料包括聚烯烃纤维,包括高密度和低密度聚乙烯。特别优选的是伸展链聚烯烃纤维,如高取向的高分子量聚乙烯纤维,特别是超高分子量聚乙烯纤维和聚丙烯纤维,特别是超高分子量聚丙烯纤维。芳族聚酰胺纤维也合适,特别是对芳族聚酰胺纤维、聚酰胺纤维、聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维、聚萘二甲酸乙二醇酯纤维、扩链聚乙烯醇纤维、扩链聚丙烯腈纤维、聚吡啶(polybenzazole)纤维,如聚苯并噁唑(PBO)和聚苯并噻唑(PBT)纤维,液晶共聚酯纤维和刚性杆状纤维,如M5[®]纤维。这些纤维类型各自是本领域中传统已知的。上述材料的共聚物、嵌段聚合物和共混物也适用于制造聚合纤维。

[0033] 用于防弹织物的最优选的纤维类型包括聚乙烯,特别是扩链聚乙烯纤维、芳族聚酰胺纤维、聚吡啶纤维、液晶共聚酯纤维、聚丙烯纤维,特别是高取向的扩链聚丙烯纤维、聚乙烯醇纤维、聚丙烯腈纤维和刚性杆状纤维,特别是M5[®]纤维。最优选的纤维尤其是芳族聚酰胺纤维。

[0034] 在聚乙烯的情况下,优选的纤维是分子量为至少500,000,优选至少1百万,更优选2百万至5百万的扩链聚乙烯。这样的扩链聚乙烯(ECPE)纤维可以如并入本文作为参考的美国专利4,137,394或4,356,138中所述在溶液纺丝法中生长,或可以如并入本文作为参考的美国专利4,551,296和5,006,390中所述由溶液纺丝以形成凝胶结构。用于本发明的特别优选的纤维类型是由Honeywell International Inc.以商标SPECTRA[®]出售的聚乙烯纤维。SPECTRA[®]纤维是本领域中公知的并描述在例如美国专利4,623,547和4,748,064中。

[0035] 芳纶(芳族聚酰胺)或对芳族聚酰胺纤维也特别优选。这些可购得并描述在例如美国专利3,671,542中。例如,DuPont以商标KEVLAR[®]商业生产可用的聚(对苯二甲酰对苯二胺)长丝。DuPont以商标NOMEX[®]商业生产的聚(间苯二甲酰间苯二胺)纤维和Teijin以商标TWARON[®]商业生产的纤维;韩国Kolon Industries, Inc.以商标HERACRON[®]商业生产的芳族聚酰胺纤维;俄罗斯Kamensk Volokno JSC商业生产的对芳族聚酰胺纤维SVMRUSARJSC Chim Volokno商业生产的ARMOS

[0036] 适用于实施本发明的聚吡啶(polybenzazole)纤维可购得并公开在例如美国专利5,286,833、5,296,185、5,356,584、5,534,205和6,040,050中,各自并入本文中作为参考。适用于实施本发明的液晶共聚酯纤维可购得并公开在例如美国专利3,975,487;4,118,372和4,161,470中,各自并入本文中作为参考。合适的聚丙烯纤维包括如并入本文作为参考的美国专利4,413,110中所述的高取向的扩链聚丙烯(ECPP)纤维。例如在并入本文作为参考的美国专利4,440,711和4,599,267中描述了合适的聚乙烯醇(PV-OH)纤维。例如在并入本文作为参考的美国专利4,535,027中公开了合适的聚丙烯腈(PAN)纤维。这些纤维类型各自是传统已知的并可广泛购得。

[0037] M5[®] 纤维由吡啶并双咪唑-2,6-二基(2,5-二羟基-对亚苯基)形成,由Richmond, Virgini的Magellan Systems Internationala制造并描述在例如美国专利5,674,969、5,939,553、5,945,537和6,040,478中,各自并入本文中作为参考。所有上述材料的组合也合适,所有这些都购得。例如,可以由芳族聚酰胺纤维、UHMWPE纤维(例如SPECTRA[®] 纤维)、碳纤维等以及玻璃纤维和其它性能更低的材料中的一种或多种的组合形成纤维层。应该理解的是,防弹性质可随纤维类型而变。

[0038] 形成这些带的各纤维可具有任何合适的旦数,例如,50至大约3000旦,更优选大约200至3000旦,再更优选大约650至大约2000旦,最优选大约800至大约1500旦。通过考虑防弹效力和成本来决定该选择。更细纤维的制造和织造成本更高,但可产生更大的每单位重量防弹效力。包括多个纤维的各纤维带具有大约400至大约3,000,更优选大约650至大约2,400,最优选大约1,000至大约2,000的优选旦数。

[0039] 如上所述,高强度高拉伸模量纤维是具有大约7克/旦或更大的优选韧度、大约150克/旦或更大的优选拉伸模量和大约8 J/g或更大的优选致断能量的纤维,各自通过ASTM D2256测量。在本发明的优选实施方案中,纤维的韧度应该为大约15克/旦或更大,优选大约20克/旦或更大,更优选大约25克/旦或更大,最优选大约30克/旦或更大。优选的纤维还具有大约300克/旦或更大,更优选大约400克/旦或更大,更优选大约500克/旦或更大,更优选大约1,000克/旦或更大,最优选大约1,500克/旦或更大的优选拉伸模量。最优选的聚乙烯纤维具有30克/旦或更大的韧度和大约1000克/旦或更大的拉伸模量。最优选的芳族聚酰胺纤维具有20克/旦或更大的韧度和大约1000克/旦或更大的拉伸模量。优选的纤维还具有大约15 J/g或更大,更优选大约25 J/g或更大,更优选大约30 J/g或更大的优选致断能量,最优选具有大约40 J/g或更大的致断能量。这些综合的高强度性质可使用公知方法获得。美国专利4,413,110、4,440,711、4,535,027、4,457,985、4,623,547、4,650,710和4,748,064大致论述了优选的高强度扩链聚乙烯纤维的形成。此类方法,包括溶液生长或凝胶纤维法是本领域中公知的。形成各其它优选纤维类型,包括对芳族聚酰胺纤维的方法也是本领域中传统已知的,且这些纤维可购得。本发明的纤维复合材料还优选包含具有大约1.7克/立方厘米或更低的纤维面密度的纤维。

[0040] 在织造之前,非织造带优选用聚合粘合剂材料涂布或浸渍。该聚合粘合剂材料部分或基本涂布所述带的各个纤维,优选基本涂布各带的各个纤维。该聚合粘合剂材料在本领域中也常被称作“聚合基质”材料,且这些术语在本文中可互换使用。这些术语是本领域中传统已知的并描述通过其固有的粘合特性或在经受公知的热和/或压力条件后将纤维粘合在一起的材料。这种“聚合基质”或“聚合粘合剂”材料还可以为织物提供其它合意的性质,如耐磨性和对有害环境状况的耐受性。

[0041] 合适的聚合粘合剂材料包括低模量弹性体材料和高模量刚性材料。本文中通篇所用的术语拉伸模量是指对纤维而言通过ASTM 2256和对聚合粘合剂材料而言通过ASTM D638测得的弹性模量。低或高模量粘合剂可包含各种聚合和非聚合材料。优选的聚合粘合剂包含低模量弹性体材料。对本发明而言,低模量弹性体材料具有大约6,000 psi(41.4 MPa)或更低的根据ASTM D638测试程序测得的拉伸模量。低模量聚合物优选具有大约4,000 psi(27.6 MPa)或更低,更优选大约2400 psi(16.5 MPa)或更低,更优选1200 psi(8.23 MPa)或更低,最优选大约500 psi(3.45 MPa)或更低的弹性体拉伸模量。弹性体的玻璃化转

变温度(T_g)优选低于大约 0°C ,更优选低于大约 -40°C ,最优选低于大约 -50°C 。该弹性体还具有至少大约50%,更优选至少大约100%的优选致断伸长,最优选具有至少大约300%的致断伸长。

[0042] 多种多样的具有低模量的材料和制剂可用作聚合粘合剂。代表性实例包括聚丁二烯、聚异戊二烯、天然橡胶、乙烯-丙烯共聚物、乙烯-丙烯-二烯三元共聚物、聚硫化物聚合物、聚氨酯弹性体、氯磺化聚乙烯、聚氯丁烯、塑化聚氯乙烯、丁二烯丙烯腈弹性体、聚(异丁烯-共聚-异戊二烯)、聚丙烯酸酯、聚酯、聚醚、含氟弹性体、有机硅弹性体、乙烯共聚物、聚酰胺(可用于某些纤维类型)、丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚碳酸酯及其组合,以及在纤维的熔点以下可固化的其它低模量聚合物和共聚物。不同弹性体材料的共混物或弹性体材料与一种或多种热塑性塑料的共混物也优选。

[0043] 共轭二烯和乙烯基芳族单体的嵌段共聚物特别有用。丁二烯和异戊二烯是优选的共轭二烯弹性体。苯乙烯、乙烯基甲苯和叔丁基苯乙烯是优选的共轭芳族单体。包含聚异戊二烯的嵌段共聚物可氢化产生具有饱和烃弹性体链段的热塑性弹性体。该聚合物可以是A-B-A类型的简单三嵌段共聚物、 $(AB)_n$ ($n=2-10$)类型的多嵌段共聚物或 $R-(BA)_x$ ($x=3-150$)类型的放射构造共聚物;其中A是来自聚乙烯基芳族单体的嵌段且B是来自共轭二烯弹性体的嵌段。许多这些聚合物由Kraton Polymers of Houston, TX商业生产并描述在通报“Kraton Thermoplastic Rubber”, SC-68-81中。以商标PRINLIN®出售并可购自Henkel Technologies(位于Düsseldorf, Germany)的苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯(SIS)嵌段共聚物的树脂分散体也可用。特别优选的低模量聚合粘合剂聚合物包含Kraton Polymers商业生产的以商标KRATON®出售的苯乙烯嵌段共聚物。特别优选的聚合粘合剂材料包含以商标KRATON®出售的聚苯乙烯-聚异戊二烯-聚苯乙烯-嵌段共聚物。

[0044] 低模量聚合基质粘合剂材料最可用于形成软质装甲,如防弹背心,而可用于形成硬质装甲制品,如头盔的高模量刚性材料在本文中特别优选。优选的高模量刚性材料通常具有高于6,000 psi的初始拉伸模量。在本文中可用的优选的高模量刚性聚合粘合剂材料包括聚氨酯(醚和酯基)、环氧树脂、聚丙烯酸酯、酚类/聚乙烯醇缩丁醛(PVB)聚合物、乙烯酯聚合物、苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物,以及聚合物,如乙烯酯与邻苯二甲酸二烯丙酯,或酚醛与聚乙烯醇缩丁醛的混合物。用于本发明的特别优选的刚性聚合粘合剂材料是热固性聚合物,优选可溶于碳-碳饱和溶剂,如甲乙酮并在固化时具有通过ASTM D638测得的至少大约 1×10^6 psi(6895 MPa)的高拉伸模量。特别优选的刚性聚合粘合剂材料是美国专利6,642,159中描述的那些,其公开内容并入本文作为参考。该聚合粘合剂,无论是低模量材料还是高模量材料,还可包括填料,如炭黑或二氧化硅,可以用油增量,或可以如本领域中公知的那样用硫、过氧化物、金属氧化物或辐射固化体系硫化。最尤其优选的是在拉伸模量为大约2,000 psi(13.79 MPa)至大约8,000 psi(55.16 MPa)的柔性和刚性材料范围内的水性聚氨酯分散体,其优选是水性阴离子聚氨酯分散体;优选是水性脂族聚氨酯分散体;最优选是或包含水性脂族阴离子聚氨酯分散体,所有这些都优选是无助溶剂的分散体。这包括水性阴离子聚酯聚氨酯分散体;水性脂族聚酯基聚氨酯分散体;和水性阴离子型脂族聚酯基聚氨酯分散体,所有这些都优选是无助溶剂的分散体。

[0045] 由本发明的复合材料形成的制品的刚性、冲击和防弹性质受涂布纤维的聚合粘合剂聚合物的拉伸模量影响。例如,美国专利4,623,574公开了用拉伸模量小于大约6,000

psi(41,300 kPa)的弹性体基质构造的纤维增强复合材料与用更高模量的聚合物构造的复合材料相比以及与无聚合粘合剂材料的相同纤维结构相比都具有更优的防弹性质。但是,低拉伸模量聚合粘合剂材料聚合物也产生较低刚性的复合材料。此外,在某些应用,特别是复合材料必须同时以防弹和结构模式发挥作用的那些应用中,需要防弹性与刚性的优异组合。相应地,所用的聚合粘合剂聚合物的最适当类型随要由本发明的复合材料形成的制品的类型而变。为了实现这两种性质的折衷,合适的聚合粘合剂可以将低模量和高模量材料组合形成单一聚合粘合剂。

[0046] 该聚合粘合剂材料可以同时和/或相继施加到多个纤维或多个带上,优选同时施加到排列成网(例如纤维的平行阵列或带的平行阵列)的纤维或带上以形成涂布网,优选用粘合剂浸渍所述带或纤维层片/层。本文所用的术语“浸渍”与“嵌入”以及“涂布”或以其它方式施加涂料同义,其中粘合剂材料扩散到所述带或纤维层片/层中而非简单位于所述带纤维层片/层的表面上。形成浸渍的非织造纤维层片、层和织物的技术是本领域中公知的。

[0047] 可以将聚合粘合剂材料施加到各纤维的整个表面积上或仅施加到纤维的部分表面积上。最优选将聚合粘合剂材料的涂料施加到构成本发明的带的各单纤维的基本整个表面积上。优选用聚合粘合剂材料涂布构成各带的各纤维和/或各纱线。

[0048] 可以使用任何适当的施加方法施加该聚合粘合剂材料且术语“涂布”无意限制将其施加到长丝/纤维上的方法。使用本领域技术人员容易确定的任何适当的方法将聚合粘合剂材料直接施加到纤维表面上,粘合剂随后通常扩散到所述带/纤维层片/纤维层中。例如,该聚合粘合剂材料可以通过喷涂或通过熔融树脂并将该聚合物材料的溶液挤出或辊涂到纤维表面上而以溶液、乳液或分散体形式施加,其中该溶液的一部分包含所需一种或多种聚合物,且该溶液的一部分包含能够溶解或分散该一种或多种聚合物的溶剂,接着干燥。或者,可以使用传统已知的技术,如通过狭缝模头,或通过本领域中公知的其它技术,如直接凹版印刷、Meyer棒和气刀系统,将聚合粘合剂材料挤出到纤维上。另一方法是将粘合剂材料的纯聚合物以液体、粘性固体或悬浮的粒子、或流化床形式施加到纤维上。或者,可作为在施加温度下不会不利地影响纤维性质的合适溶剂中的溶液、乳液或分散体施加涂料。例如,可以将纤维传送经过聚合粘合剂材料的溶液以基本涂布纤维,然后干燥。

[0049] 在另一涂布技术中,可以将纤维浸在含有溶解或分散在合适溶剂中的聚合粘合剂材料的溶液浴中,然后通过溶剂的蒸发或气化干燥。这种方法优选该聚合材料至少部分涂布各单纤维,优选该聚合粘合剂材料基本涂布或包封各单纤维并覆盖整个或基本整个长丝/纤维表面积。浸渍程序可以按需要重复数次以将所需量的聚合物材料施加到纤维上。

[0050] 可以使用其它将涂料施加到纤维上的技术,包括在适当时涂布凝胶纤维前体,如通过使凝胶纤维在获得所需涂层的条件下经过适当的涂料聚合物的溶液。或者,可以将纤维挤出到适当的聚合物粉末的流化床中。

[0051] 可以在将纤维排列成一个或多个层片、层或带之前或之后用聚合粘合剂涂布纤维。但是,本发明无意受到将聚合粘合剂施加到纤维上的阶段限制,也不受用于施加聚合粘合剂的手段限制。

[0052] 纤维层(可从中切出所述带)优选包含多个重叠的纤维层片(单向带),将它们固结和压延成单层整体元件。在典型的非织造织物结构中,形成多个堆叠的重叠单向带,其中就各单层片的纵向纤维方向而言,各单层片(单向带)的平行纤维与各相邻单层片的平行纤维

正交布置。重叠的非织造纤维层片的堆叠体在热和压力下固结或通过粘贴各纤维层片的涂料固结,以形成单层整体元件,其在本领域中也被称作单层固结网络,其中“固结网络”描述纤维层片与聚合基质/粘合剂的固结(融合)组合。

[0053] 最通常,此类非织造纤维层或织物包括1至大约6个层片,但可以视需要包括多达大约10至大约20个层片。较大的层片数意味着较大防弹性,但也意味着较大重量并使织造困难。在将所述带织造成机织织物后,多个带基机织织物可通过固结或模制合并成复杂的复合材料。构成本发明的复合材料或制品的纤维层数可如本领域技术人员根据该复合材料或制品的所需最终用途决定的那样改变。例如,在用于军事用途的防弹背心中,为了形成实现所需的1.0磅/平方英尺或更低面密度(4.9千克/平方米)的复合制品,可能需要总共大约20个层片(或层)至大约100个单层片(或层)。在另一实施方案中,用于执法用途的防弹背心可具有基于NIJ威胁等级的层片/层数。例如,对NIJ威胁等级IIIA背心而言,可能有总共40个层片。对较低NIJ威胁等级而言,可以使用更少的层片/层。与其它已知的防弹结构相比,本发明能够并入更大数量的纤维层片以实现所需防弹水平,而不提高织物重量。

[0054] 如本领域中传统已知的那样,当各纤维层片交叉层叠以使一个层片的纤维排列方向相对于另一层片的纤维排列方向旋转一定角度时实现优异的防弹性。非织造织物(从中切出本发明的带)的纤维层片最优选以 0° 和 90° 角正交交叉层叠,但相邻层片可相对于另一层片的纵向纤维方向以在大约 0° 和大约 90° 之间的几乎任何角度排列。例如,五层片非织造结构可具有以 $0^{\circ}/45^{\circ}/90^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}$ 或其它角度取向的层片。这样的旋转单向排列描述在例如美国专利4,457,985;4,748,064;4,916,000;4,403,012;4,623,574;和4,737,402中,所有这些都在不与本文冲突的程度上并入本文作为参考。

[0055] 固结多个纤维层片以形成纤维层的方法以及固结多个纤维层以形成复杂复合材料的方法是公知的,如通过美国专利6,642,159中描述的方法。可通过干燥、冷却、加热、压力、压延或它们的组合实现固结。热和/或压力可能不是必要的,因为纤维或织物层可以仅胶粘在一起,如湿层压法的情况中那样。通常,通过将各纤维层片或层互相放置在足以使这些层片合并成整体织物的热和压力条件下来进行固结。固结可以在大约 50°C 至大约 175°C ,优选大约 105°C 至大约 175°C 的温度下和在大约5 psig(0.034 MPa)至大约2500 psig(17 MPa)的压力下进行大约0.01秒至大约24小时,优选大约.02秒至大约2小时。在加热时,可以使聚合粘合剂涂料发粘或流动而不完全熔融。但是,通常,如果使聚合粘合剂材料熔融,需要相对较小的压力形成复合材料,而如果仅将粘合剂材料加热至发粘点,通常需要更大压力。如本领域中传统已知的那样,可以在压延机组、平板层压机、压机或高压釜中进行固结。最通常,用粘合剂聚合物将多个正交纤维网“胶粘”在一起并经过平板层压机以改进粘合的均匀性和强度。此外,固结和聚合物施加/粘合步骤可包含两个单独的步骤或单个固结/层压步骤。

[0056] 或者,可以通过在合适的模制装置中在热和压力下模制实现固结。通常,在大约50 psi(344.7 kPa)至大约5,000 psi(34,470 kPa),更优选大约100 psi(689.5 kPa)至大约3,000 psi(20,680 kPa),最优选大约150 psi(1,034 kPa)至大约1,500 psi(10,340 kPa)的压力下进行模制。或者可以在大约5,000 psi(34,470 kPa)至大约15,000 psi(103,410 kPa),更优选大约750 psi(5,171 kPa)至大约5,000 psi,更优选大约1,000 psi至大约5,000 psi的更高压力下进行模制。模制步骤可花费大约4秒至大约45分钟。优选的模制温度

为大约200°F(~93°C)至大约350°F(~177°C),更优选在大约200°F至大约300°F的温度下,最优选在大约200°F至大约280°F的温度下。模制本发明的复合材料的压力对所得模制品的刚性或挠性具有直接影响。特别地,它们的模制压力越高,刚性越高,反之亦然。除模制压力外,纤维层片的量、厚度和组成以及聚合粘合剂涂料类型也直接影响由该复合材料形成的制品的刚性。

[0057] 尽管本文所述的各模制和固结技术类似,但各方法不同。特别地,模制是分批法,固结是大致连续法。此外,模制通常涉及使用模具,如成型模具或在形成平板时为配套模具,并且不一定产生平面产品。通常在平板层压机、压延辊组中或作为湿层压进行固结以制造软质(柔性)防弹衣物。模制通常用于制造硬装甲,例如刚性板。在任一方法中,合适的温度、压力和时间通常取决于聚合粘合剂涂料的类型、聚合粘合剂含量、所用方法和纤维类型。

[0058] 为了制造具有充足防弹性质的织物制品,粘合剂/基质涂料的总重量优选占纤维重量 + 涂料重量的大约2重量%至大约40重量%,更优选大约5重量%至大约30重量%,更优选大约10重量%至大约20重量%,最优选大约11重量%至大约16重量%,其中16重量%最优选。

[0059] 在将所述带织造在一起后或在多纤维层带固结后,可以通过常规方法将任选的热塑性聚合物层粘贴到纤维层或带基机织复合材料的一个或两个外表面上。适用于该热塑性聚合物层的聚合物非排他地包括热塑性聚合物,其非排他地选自聚烯烃、聚酰胺、聚酯(特别是聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)和PET共聚物)、聚氨酯、乙烯基聚合物、乙烯乙醇共聚物、乙烯辛烷共聚物、丙烯腈共聚物、丙烯酸聚合物、乙烯基聚合物、聚碳酸酯、聚苯乙烯、含氟聚合物等以及它们的共聚物和混合物,包括乙烯乙酸乙烯酯(EVA)和乙烯丙烯酸。天然和合成橡胶聚合物也可用。其中,聚烯烃和聚酰胺层是优选的。优选的聚烯烃是聚乙烯。可用的聚乙烯类的非限制性实例是低密度聚乙烯(LDPE)、线性低密度聚乙烯(LLDPE)、中密度聚乙烯(MDPE)、线性中密度聚乙烯(LMDPE)、线性极低密度聚乙烯(VLDPE)、线性超低密度聚乙烯(ULDPE)、高密度聚乙烯(HDPE)和它们的共聚物和混合物。可购自Spunfab, Ltd, of Cuyahoga Falls, Ohio的SPUNFAB® 聚酰胺网(Keuchel Associates, Inc.的注册商标)以及可购自Protechnic S.A. of Cernay, France的THERMOPLASTHELIOPLAST95°C至大约175°C,优选大约105°C至大约175°C的温度下、在大约5 psig(0.034 MPa)至大约100 psig(0.69 MPa)的压力下进行大约5秒至大约36小时,优选大约30秒至大约24小时。

[0060] 该带基机织织物的厚度对应于单纤维和单个带的厚度,且复杂复合材料的厚度取决于并入复杂复合材料中的机织织物的数量。该带基机织织物优选具有大约25微米至大约600微米/层,更优选大约50微米至大约385微米,最优选大约75微米至大约255微米/层的厚度。优选的机织织物或非织造织物前体(可从中切出所述带)具有大约12微米至大约600微米,更优选大约50微米至大约385微米,最优选大约75微米至大约255微米的优选厚度,其中单层固结网络通常包括两个固结层片(即两个单向带)。粘贴到复合材料外表面上的任何热塑性聚合物层优选非常薄,具有大约1微米至大约250微米,更优选大约5微米至大约25微米,最优选大约5微米至大约9微米的优选层厚度。不连续网,如SPUNFAB® 非织造网优选被施涂成具有6克/平方米(gsm)的基重。尽管这些厚度是优选的,但要理解的是,可以制造其它厚度以满足特定需要,但仍落在本发明的范围内。

[0061] 本发明的带基机织复合材料在固结/模制前具有大约20克/平方米(0.004磅/平方

英尺(psf))至大约1000 gsm(0.2 psf)的优选面密度。本发明的带基机织复合材料在固结/模制前的更优选的面密度为大约30 gsm(0.006 psf)至大约500 gsm(0.1 psf)。本发明的带基机织复合材料在固结/模制前的最优选的面密度为大约50 gsm(0.01 psf)至大约250 gsm(0.05 psf)。包含互相堆叠并固结的多个带基机织复合材料的本发明的制品具有大约1000 gsm(0.2 psf)至大约40,000 gsm(8.0 psf),更优选大约2000 gsm(0.40 psf)至大约30,000 gsm(6.0 psf),更优选大约3000 gsm(0.60 psf)至大约20,000 gsm(4.0 psf),最优选大约3750 gsm(0.75 psf)至大约15,000 gsm(3.0 psf)的优选复合面密度。成型成头盔的复合制品的典型范围为大约7,500 gsm(1.50 psf)至大约12,500 gsm(2.50 psf)。

[0062] 本发明的织物可用于各种用途以使用公知技术形成各种不同的防弹制品,包括柔性软质装甲制品以及刚性硬质装甲制品。例如,适用于形成防弹制品的技术描述在例如美国专利4,623,574、4,650,710、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492和6,846,758中,所有这些都在不与本文冲突的程度上并入本文作为参考。该复合材料特别可用于形成硬质装甲和在制造硬质装甲制品的过程中形成的成型或未成型的局部装配中间体。“硬质”装甲是指具有充足机械强度以在经受显著应力时保持结构刚性并能自立而不扁塌的制品,如头盔、军用车辆的板或防护屏。这样的硬质制品优选,但不是必须使用高拉伸模量粘合剂材料形成。

[0063] 可以根据本领域中公知的技术测量本发明的纤维复合材料的防弹性质,包括 V_0 和 V_{50} 抗弹药穿透性和背面记号(背面变形)。

[0064] 下列实施例用于例示本发明。

实施例

[0065] 实施例1-2

[0066] 和实施例3(对比)

[0067] 对于实施例1和2,通过将多个带基机织织物层松散堆叠在一起,制备软质装甲枪弹射击包(ballistic shoot packs),各机织织物层由多个多纤维带作为经向和纬向织物部件形成。这些层没有模制在一起并夹在一起以用于弹道测试。

[0068] 为了形成所述带,将来自所选纤维类型的16个线轴的纤维导过准直梳以形成干燥平行纤维的20毫米宽的窄带。在使纤维保持在均匀张力下的同时,干燥纤维经过环氧热固性树脂的树脂浴浸涂。通过使该带经过一组辊,从纤维带中挤出过量树脂。通过为各纤维线轴提供标定断点(calibrated breaks),保持均匀张力。一旦涂布纤维,将该带转移到相应宽度的离型纸带上。然后使该带经过干燥烘箱,在此期间离型纸带与纤维带保持在均匀压力下。将纤维带与离型纸带一起收集在窄线轴上。重复这一过程以收集该带的几个窄线轴,收集线轴并用于织造操作。各带为大约20毫米宽,3密尔厚和1200旦,且各带包含非织造单向纤维的单层片。各带的树脂含量为纤维 + 树脂的重量的30重量%。

[0069] 测试由两种不同聚乙烯纤维形成的带基织物并标在表1中。

[0070] 对于对比例3,由SPECTRA SHIELD® 型织物而非带基机织带织物形成27层软质装甲枪弹射击包。在形成射击包之前,从用包含KRATON® D1107热塑性粘合剂树脂的聚合粘合剂组合物浸渍的包含单向交叉层叠高模量聚乙烯(HMPE)纤维的两个固结层片的连续层压材料片上切下织物层。HMPE纤维是Honeywell International Inc.制造的SPECTRA®

1300并具有35克/旦的韧度、1150克/旦的拉伸模量和3.4%的致断伸长。KRATON® D1107树脂是包含14 重量%苯乙烯的聚苯乙烯-聚异戊二烯-聚苯乙烯嵌段共聚物并可购自Kraton Polymers of Houston, TX。各织物层包含占织物层重量的79.5重量%的纤维并包含20.5重量%的树脂。各层的两个纤维层片交叉层叠以就各纤维层片的纵向纤维方向而言,一个层片的纤维与第二个层片的纤维呈直角取向(0°/90°构造)。将这些层片层压在各具有大约9微米厚度和16克/平方米(gsm)面密度的两个线性低密度聚乙烯(LLDPE)膜之间。这种构造在本领域中也称作SPECTRA SHIELD® LCR,可购自Honeywell International, Inc.。该层压法包括在110℃、200 psi(1379 kPa)压力下将LLDPE膜压到该交叉层叠材料上30分钟,由此形成具有0.06”(1.524毫米)厚度的连续层压材料片。切割该片以形成25个单独的层,各自具有18” X 18”(45.7 mm X 45.7 mm)的长和宽,且一个织物层的总面密度为150 gsm。然后将这25层松散堆叠在一起以形成射击包。这些层没有模制在一起并夹在一起以用于弹道测试。该射击包的面密度为0.84 psf。

[0071] 对17格令破片模拟弹(FSP)(其符合根据MIL-P-46593A的形状、尺寸和重量)测量各射击包的抗破片穿透性。根据MIL-STD-662F的程序进行V₅₀弹道测试以实验测定射弹有50%几率穿透受试物时的速度。射出几个17格令FSP破片,改变各破片的速度。根据前一破片射弹是完全穿透还是部分穿透射击包的几层来下调和上调各破片的速度。通过在125 fps(38.1 mps)的速度分布内包括最少四个部分穿透和四个完全破片穿透来获得平均速度。计算这8个部分和完全穿透的平均速度并被称作V₅₀。也测量该射击包的总比能吸收(“SEAT”)。总SEAT是射弹威胁的动能除以该复合材料的面密度。SEAT值越高,该复合材料的抗威胁性越好。

[0072] 弹道测试结果显示在表1中。

[0073] 表1

实施例	纤维类型	层数	面密度 (lb/ft ²)	V ₅₀ (ft/秒)	SEAT (J-m ² /kg)
1	SPECTRA® S900/1200 旦纤维	35	0.76	1512	31.3
2	SPECTRA® S1000/1300 旦纤维	32	0.78	1549	32.0
3	SPECTRA SHIELD® LCR, S1000/1300 旦	27	0.84	1500	27.8

[0074] 实施例4-5

和实施例6(对比)

[0077] 对于实施例4和5,重复实施例1和2以对符合根据National Institute of Justice (NIJ) 0101.04试验标准的形状、尺寸和重量的9 mm全金属外壳(FMJ)子弹进行防弹测试。

[0078] 对于对比例6,重复对比例3以对实施例4和5中测试的相同9 mm FMJ子弹进行测试,只是该枪弹射击包包括25个而非27个织物层。该射击包的面密度为0.77 psf。

[0079] 根据MIL-STD-662F的程序进行V₅₀弹道测试以实验测定射弹有50%几率穿透受试物

时的速度。射出几个9 mm FMJ子弹,改变各子弹的速度。根据前一子弹射弹是完全穿透还是部分穿透射击包的几层来下调和上调各子弹的速度。通过在125 fps(38.1 mps)的速度分布内包括最少四个部分穿透和四个完全子弹穿透来获得平均速度。计算这8个部分和完全穿透的平均速度并被称作 V_{50} 。也测量该射击包的总比能吸收(“SEAT”)。

[0080] 弹道测试结果显示在表2中。

[0081] 表2

[0082]

实施例	纤维/材料类型	层数	面密度 (lb/ft ²)	V_{50} (ft/秒)	SEAT (J-m ² /kg)
4	SPECTRA® S900/1200 旦纤维	35	0.76	1354	25.1
5	SPECTRA® S1000/1300 旦纤维	32	0.78	1380	25.4
6 (对比例)	SPECTRA SHIELD® LCR, S1000/1300 旦	25	0.77	1430	27.6

[0083] 实施例7-8

[0084] 和实施例9(对比)

[0085] 对于实施例7和8,重复实施例4和5以对9 mm FMJ子弹进行防弹测试,只是将射击包模制在一起以形成硬质装甲板。在压机中在大约240°F (115°C)下和在大约2,777 psi的压力下进行模制大约15-30分钟,接着冷却该模制板。

[0086] 对于对比例9,由SPECTRA SHIELD® PCR而非带基机织带织物模制硬质装甲防弹板。各层包含四层片HMWPE纤维复合材料,其是由SPECTRA® S1000/1300旦纤维形成的非织造的单向取向结构。用包含可获自Kraton Polymers LLC的Kraton® D1107异戊二烯-苯乙烯-异戊二烯嵌段共聚物的树脂涂布纤维。各带的树脂含量为纤维 + 树脂的重量的16重量%。该4层片结构包括0°/90°/0°/90°交叉层叠的独立层片。SPECTRA® 聚乙烯纤维具有30 g/d的韧度、850 g/d的拉伸模量和45 g/d的致断能量。这种构造在本领域中也被称作SPECTRA SHIELD® PCR,可购自Honeywell International, Inc.一个织物层的总面密度为150 gsm。该模制板的面密度为4.88 ksm。将这些层模制在一起以形成硬质装甲。

[0087] 弹道测试结果显示在表3中。

[0088] 表3

实施例	纤维/材料类型	面密度 (lb/ft ²)	V_{50} (ft/秒)	SEAT (J-m ² /kg)
7	SPECTRA® S900/1200 旦纤维	0.88	1522	27.37
8	SPECTRA® S1000/1300 旦纤维	0.88	1490	26.23
9 (对比例)	SPECTRA SHIELD® PCR, S1000/1300 旦	1.00	1700	30.05

[0090] 实施例10和

[0091] 实施例11(对比)

[0092] 对于实施例10,如实施例1和4中那样制备软质装甲枪弹射击包,只是各带的组成纤维是TWARON® T2000/1000旦芳族聚酰胺纤维而非聚乙烯纤维。各带为大约20毫米宽,2.5密尔厚和1000旦,并包含非织造单向纤维的单层片。用环氧热固性树脂涂布各带的纤维。各带的树脂含量为纤维 + 树脂的重量的30重量%。

[0093] 对于对比例11,由SPECTRA SHIELD® 型织物而非带基机织带织物形成17层软质装甲枪弹射击包。在形成射击包之前,从用包含环氧树脂的聚合粘合剂组合物浸渍并在两个外表面上用塑料膜固结的包含单向交叉层叠高强度芳族聚酰胺纤维的四个固结层片的连续层压材料片上切下织物层。如实施例10中那样,芳族聚酰胺纤维是TWARON® T2000/1000旦芳族聚酰胺纤维。这种构造在本领域中也被称作GOLD FLEX®,可购自Honeywell International Inc.。该射击包具有16" x 16" x 0.216"(41 cm x 41 cm x 0.549 cm)的尺寸。这些层没有模制在一起并夹在一起以用于弹道测试。该射击包的面密度为0.81 psf。

[0094] 如实施例4-6中那样对9 mm FMJ子弹测试实施例10和11的射击包。

[0095] 弹道测试结果显示在表4中。

[0096] 表4

实施例	纤维/材料类型	层数	面密度 (lb/ft ²)	V ₅₀ (ft/秒)	SEAT (J-m ² /kg)
[0097] 10	TWARON® T2000/1000 旦纤维	33	0.76	1369	25.6
11 (对比例)	GOLD FLEX®, TWARON® T2000/1000 旦纤维	17	0.81	1550	30.8

[0098] 实施例12和

[0099] 实施例13(对比)

[0100] 对于实施例12,重复实施例10,只是将纤维层堆叠体模制在一起以形成硬质装甲。在压机中在大约240°F (115°C)下和在大约2777 psi的压力下进行模制大约15-30分钟,接着冷却该模制板。该射击包的面密度为0.88 psf。

[0101] 类似地,对于实施例13,重复实施例11,只是将纤维层堆叠体模制在一起以形成硬质装甲。

[0102] 如实施例1-3中那样对17格令FSP测试实施例12和13的射击包。

[0103] 弹道测试结果显示在表5中。

[0104] 表5

实施例	纤维/材料类型	层数	面密度 (lb/ft ²)	V ₅₀ (ft/秒)	SEAT (J-m ² /kg)
[0105] 12	TWARON® T2000/1000 旦纤维	33	0.88	1424	24.1
13 (对比例)	GOLD FLEX®, TWARON® T2000/1000 旦纤维	17	0.73	1430	29.1

[0106] 从上述实施例中已经发现,本发明的机织带复合材料在软质和硬质装甲中都对17格令破片模拟弹和9 mm FMJ子弹具有良好的防弹性能。聚乙烯纤维基材料表现得好于芳族聚酰胺纤维基材料。发现SPECTRA SHIELD®型织物的防弹性能好于本发明的机织带复合材料,但更重。在较低重量下,较轻的本发明的材料具有良好的防弹性能。具体而言,该制带法能使具有大约10重量%或更低的树脂含量的软质防弹装甲和模制的硬质防弹装甲都表现出与具有大于10重量%的树脂含量的对比复合材料类似或更高的防碎片和防子弹性。

[0107] 尽管已参照优选实施方案特别显示和描述了本发明,但本领域普通技术人员容易认识到,可以在不背离本发明的精神和范围的情况下作出各种变动和修改。例如,包含窄机织带,如窄条带的带可以用聚合粘合剂材料或树脂涂布并任选与一个或多个外聚合膜,如一个或多个聚乙烯膜层压。或者,可以在没有聚合粘合剂材料或树脂涂料的情况下制造由非织造的单向取向纤维形成的带,其中任选将聚合表面膜施加到纤维外表面上以助于将纤维结合在一起。权利要求书旨在被解释为涵盖所公开的实施方案、上文已论述的那些备选方案和它们的所有等同物。