



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103118558 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 22

(21) 申请号 201180046939. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 07. 20

A41D 1/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

A41D 1/00 (2006. 01)

12/845, 386 2010. 07. 28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 03. 28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/044629 2011. 07. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02012/128782 EN 2012. 09. 27

(71) 申请人 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 D. A. 赫斯特

D. A. 斯蒂恩凯默 B. D. 阿维森

L. L. 沃纳

(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 万雪松

权利要求书1页 说明书9页

(54) 发明名称

带有护胸板的柔性防弹背心

(57) 摘要

描述了兼具防弹性能和总重量特性的防弹背心和其它制品。代表性的防弹背心包含刚性护胸板和接合护胸板的柔性织物。这两个部件都包含多个单向取向纤维层,所述单向取向纤维层包含具有高韧度和高拉伸模量的纤维。

1. 防弹背心,其包含:

(a) 刚性护胸板,和

(b) 接合护胸板的柔性织物,

其中所述护胸板和所述织物各自包含多个单向取向纤维层,所述单向取向纤维层包含具有至少大约 7 克/旦的韧度和至少大约 150 克/旦的拉伸模量的纤维,

其中所述背心具有小于大约 3 千克(6.6 磅)的总重量。

2. 权利要求 1 的背心,其中所述织物覆盖所述护胸板的至少一面。

3. 权利要求 1 或 2 的背心,其中所述护胸板和所述织物的纤维层独立地包含聚烯烃纤维或芳族聚酰胺纤维。

4. 权利要求 3 的背心,其中所述护胸板和所述织物的纤维层包含聚乙烯纤维。

5. 权利要求 1 至 4 任一项的背心,其中所述背心在护胸板区域中能够抵抗能量为大约 1600 J (1180 ft-lb) 至大约 4000 J (2950 ft-lb) 的步枪子弹。

6. 权利要求 1 至 5 任一项的背心,其中所述护胸板和所述织物的所述多个纤维层都呈现单向取向纤维的交叉铺层布置,相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸。

7. 权利要求 6 的背心,其中所述护胸板和所述织物包含 2 至 8 个纤维层。

8. 权利要求 1 至 7 任一项的背心,其中所述护胸板和所述织物具有大约 4.89 kg/m² (1 lb/ft²) 至大约 29.3 kg/m² (6 lb/ft²) 的总面密度。

9. 具有高抗穿透性的背心,其包含:

(a) 包含多个单向取向的高韧度纤维层的刚性装甲护胸板,所述纤维层包含具有至少大约 7 克/旦的韧度和至少大约 150 克/旦的拉伸模量的聚乙烯纤维,其中所述护胸板的纤维层位于具有最多大约 27.6 MPa (4,000 psi) 的拉伸模量的树脂基质中,所述护胸板的相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸,且所述护胸板的所述多个纤维层是模制的;和

(b) 容纳所述护胸板并包含多个单向取向的高韧度纤维层的柔性织物,所述纤维层包含具有至少大约 7 克/旦的韧度和至少大约 150 克/旦的拉伸模量的聚乙烯纤维,其中所述织物的纤维层位于具有最多大约 27.6 MPa (4,000 psi) 的拉伸模量的树脂基质中,所述织物的相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸,且所述织物的所述多个纤维层是固结的,

其中所述背心具有小于大约 3 千克(6.6 磅)的总重量。

10. 权利要求 9 的背心,其中所述背心在护胸板区域中能够抵抗能量为大约 1600 J (1180 ft-lb) 至大约 4000 J (2950 ft-lb) 的步枪子弹。

带有护胸板的柔性防弹背心

发明领域

[0001] 本发明涉及具有刚性护胸板和接合该护胸板的柔性织物的轻质高性能防弹背心。护胸板和织物都包含单向取向的高韧度、高拉伸模量纤维如聚乙烯纤维的纤维层。

[0002] 相关技术描述

含有对可变形弹体具有优异抵抗性质的高强度纤维的防弹制品是已知的。这些制品，包括防弹背心、头盔和军事装备的结构部件，通常由具有高强度纤维层的织物制成。传统使用的纤维包括聚乙烯纤维、对芳族聚酰胺纤维（例如聚（对苯二甲酰苯二胺））、石墨纤维、尼龙纤维、玻璃纤维等。对许多用途，如背心或背心部件而言，可以在纺织或针织物中使用该纤维。对其它用途而言，将纤维包封或嵌在基质材料中以形成刚性或柔性织物。

[0003] 例如在 US 4,403,012 ;US 4,457,985 ;US 4,613,535 ;US 4,623,574 ;US 4,650,710 ;US 4,737,402 ;US 4,748,064 ;US 5,552,208 ;US 5,587,230 ;US 6,642,159 ;US 6,841,492 ;和 US 6,846,758 中描述了具体的防弹制品，包括背心、头盔和板。这些专利特别描述了包括高强度纤维，如伸直链超高分子量聚乙烯纤维的防弹复合材料。这些复合材料表现出不同程度的对来自射弹如子弹的高速冲击穿透的抗性。US 4,403,012 和 US 4,457,985 公开了具有高分子量聚乙烯或聚丙烯纤维的网络以及烯烃聚合物和共聚物、不饱和聚酯、环氧树脂和在纤维熔点以下可模制的其它聚合物的基质的防弹复合材料。

[0004] US 4,623,574 和 US 4,748,064 公开了包含嵌在弹性体基质中的高强度纤维的复合材料。US 4,737,402 和 US 4,613,535 公开了具有良好抗冲击性并包含高强度纤维，如 US 4,413,110 中公开的超高分子量聚乙烯和聚丙烯纤维的网络的刚性复合材料。该纤维嵌在弹性体基质材料中并且在基质中的纤维主表面上有至少一个附加的刚性层。US 4,650,710 公开了具有多个包含高强度伸直链聚烯烃（ECP）纤维的柔性层的柔性制品。该纤维被低模量弹性体材料涂布。

[0005] US 5,552,208 和 US 5,587,230 公开了包含至少一个高强度纤维网络和包括乙烯基酯和邻苯二甲酸二烯丙酯的基质组合物的制品。US 6,642,159 公开了具有多个纤维层的抗冲击刚性复合材料。这些层具有位于基质中的长丝网络，且弹性体层位于纤维层之间。该复合材料粘合到硬板上以提高对刺穿装甲的射弹的防护。US 6,841,492 公开了双向和多轴织物、织物复合材料、其防弹组装件和它们的制造方法。该织物包括在多个叠置的平行平面中铺设的强韧的基本平行的单向纱线组。US 6,846,758 公开了具有优异的弹道射弹穿透抗性的织造物层压材料。该层压材料包括由高强度高模量纱线织成的织物、低模量弹性体表面涂层和粘合到其弹性体涂布的表面上的塑料膜。

[0006] 具有高碎片（如榴霰弹）穿透抗性的制品也已知包括由诸如高分子量聚乙烯、芳族聚酰胺和聚吡咯之类的材料制成的高强度纤维。例如在 US 6,534,426 和 6,475,936 以及 E. I. duPont De Nemours International S.A. 1984 年出版的“Lightweight Composite Hard Armor Non Apparel Systems with T-963 3300 dtex DuPont Kevlar 29 Fibre,”中描述了这些制品。这些制品中的纤维可以是织造或非织造的。非织造纤维可以经编织、单轴取向和交叉铺层或制毡。取决于它们的构造的性质和所用材料，该制品可以是柔性或刚

性的。

[0007] 上述各构造代表朝它们所指向的目标的进展。但是,与传统防弹制品如背心相关的始终存在的问题是实现足够的抗穿透性所需的高材料重量。在此方面,刚性防弹衣如背心提供相对较高的防弹性,但它们也非常刚硬和笨重。因此,刚性防弹衣通常不如柔性防弹衣舒适。因此在本领域中需要为军事人员和执法人员提供有效保护的、穿戴舒适并且不会由于过重和 / 或过大而显著阻碍活动的防弹衣和其它制品。

[0008] 发明概述

本发明涉及发现在子弹穿透抗性方面提供高性能的轻质防弹背心和其它制品。作为代表性的制品,背心有利地在用于护胸板的硬或刚性装甲和用于接合护胸板的织物的软或柔性装甲中都使用最轻的材料。背心在重量和性能方面的特性因此在军事和执法用途中提供显著益处。根据涉及背心的本发明的实施方案,该护胸板和织物都包含多个单向取向纤维层。这些层的纤维(例如聚乙烯纤维)具有至少大约 7 克 / 旦的韧度和至少大约 150 克 / 旦的初始拉伸模量。这些高性能纤维可以用树脂基质保持在它们各自的层构造中,优选以相对较低的树脂基质含量使用低模量树脂来提供出色的防弹性能和挠性。在护胸板的情形中,可以模制纤维层以获得刚性结构,而在织物的情形中,纤维层可以经固结以获得柔性结构。因此合并不同性质的防弹部件以在背心或其它制品中实现商业上需要的总体性能和重量特性。

[0009] 有利地,背心的重量或护胸板和织物的总重量通常小于大约 3 千克(6.6 磅),典型地小于大约 2.5 千克(5.5 磅),常常小于大约 2 千克(4.4 磅)。这样的背心优选至少在护胸板区域中抵抗能量通常为至少大约 1000 J (740 ft-lb),常常为至少大约 1500 J (1110 ft-lb) (例如大约 1600 J (1180 ft-lb) 至大约 4000 J (2950 ft-lb)) 的子弹。

[0010] 从下列详述中可看出本发明的这些和其它实施方案和方面和它们的相关优点。

[0011] 详述

本发明涉及在防弹性能和总重量方面具有上述优点的防弹背心和其它制品。根据具体实施方案,代表性的防弹背心包含刚性护胸板和接合护胸板的柔性织物。在另一些实施方案中,背心甚至可以由或基本由该板和织物构成,不存在增加重量或实质改变其基本和新型特征的其它结构(例如贴合到护胸板表面上的附加聚合物膜)。在任何这些实施方案中,背心或其它服装制品形式的柔性织物借助或不借助物理连接(attachment)来接合护胸板。术语“护胸板”和“板”在本文中用于表示尤其在背心、衬衫或夹克或其它服装制品的情形中的护胸板,其中该板通常占据或覆盖使用者的胸部区域。或者,这些术语意在包括结合入其它服装中的刚性结构和不是必须覆盖胸部区域的非服装制品。

[0012] 护胸板(或板)因此通常是刚性装甲(也称作“硬”装甲)特有的,其在本领域中,例如在 US 5,690,526 中定义为是指具有足以(i)在受到显著量的应力时保持结构刚性和(ii)自立无坍塌的机械强度的部件。与护胸板相反,织物是没有硬装甲的这些属性的柔性或“软”装甲特有的。刚性装甲和柔性装甲部件具有各自的防弹性 / 重量特性,在本文所述的背心和其它制品中管理这些特性以提供高度防护,尤其是在最关键的区域中,且具有受军事和执法人员重视的低总重量和舒适 / 柔韧特性。尽管护胸板和织物都可包含例如在树脂基质中的高韧度、高拉伸模量纤维的纤维层,但可以使用不同方法由这些材料形成刚性和柔性部件,例如模制形成刚性护胸板和固结形成柔性织物。下面更详细描述代表性的模

制和固结技术。

[0013] 高韧度纤维和纤维层

如上论述,背心的刚性护胸板和柔性织物均包含多个单向取向纤维层。各纤维层包含具有高韧度和高拉伸模量的纤维。对本发明而言,纤维是长度尺寸远大于横向的宽度和厚度尺寸的细长体。因此,术语纤维包括具有规则或不规则横截面的单丝、复丝、带、条、短纤维和其它形式的短切、切断或不连续纤维等。术语“纤维”包括多种任何前述材料或它们的组合。纱线是由许多纤维或长丝(filament)构成的连续束。“层”是可以刚性或柔性地三维弯曲,但如果平铺在平面上则长度和宽度尺寸远大于厚度尺寸的物体。

[0014] 本文所用的术语“高韧度纤维”是指具有等于或大于大约 7 g/d 的韧度的纤维。这些纤维优选具有通过 ASTM D2256 测得的至少大约 150 g/d 的初始拉伸模量和至少大约 8 J/g 的致断能(energy-to-break)。本文所用的术语“初始拉伸模量”、“拉伸模量”和“模量”是指通过 ASTM 2256 测得的纱线或纤维的弹性模量和通过 ASTM D638 测得的弹性体或基质材料的弹性模量。优选地,高韧度纤维具有等于或大于大约 10 g/d,更优选等于或大于大约 15 g/d,更进一步优选等于或大于大约 20 g/d,最优选等于或大于大约 30 g/d 的韧度。对高韧度聚乙烯纤维而言,优选的韧度为大约 20 至大约 55 g/d。护胸板(或其它刚性部件)和织物(或其它柔性部件)的所述多个纤维层中优选至少大约 50 重量%,更优选至少大约 75 重量%的纤维是高韧度纤维。这两个部件的所述多个纤维层中最优选所有或基本所有纤维是高韧度纤维。

[0015] 本发明中可用的纤维的横截面可千差万别。它们可以是圆形、扁平或长椭圆形横截面。它们也可以是不规则或规则的多叶横截面——具有从长丝的线性轴或纵向轴伸出的一个或多个规则或不规则的叶。该纤维特别优选具有基本圆形、扁平或长椭圆形的横截面,该纤维最优选具有基本圆形横截面。纤维如本文所用的高韧度纤维的纱线可具有任何合适的旦数,例如大约 50 至大约 5000 旦,更优选大约 200 至大约 5000 旦,更进一步优选大约 650 至大约 3000 旦,最优选大约 800 至大约 1500 旦。

[0016] 高韧度纤维,如聚烯烃纤维或芳族聚酰胺纤维是刚性和柔性部件,如背心的护胸板和织物部件的纤维层中使用的那些的代表。聚烯烃纤维优选是高韧度聚乙烯纤维和/或高韧度聚丙烯纤维。最优选地,聚烯烃纤维是高韧度聚乙烯纤维,也称作伸直链聚乙烯纤维或高取向的高分子量聚乙烯纤维。本文可用的聚烯烃和芳族聚酰胺纤维是已知的并具有优异的防弹性质。

[0017] US 4,457,985 大致论述了高分子量聚乙烯纤维和聚丙烯纤维。在聚乙烯纤维的情形中,合适的纤维是重均分子量为至少大约 150,000,优选至少大约 1 百万,更优选大约 2 百万至大约 5 百万的那些。这样的高分子量聚乙烯纤维可以如例如 US 4,137,394 和 US 4,356,138 中所述在溶液中纺丝。该纤维或可包含如例如 US 4,413,110、德国 Off. 号 3,004,699 和英国专利 2051667 中所述由溶液纺丝形成凝胶结构的长丝。在可选实施方案中,可以如例如 US 5,702,657 中所述通过辊轧和拉伸法制造该聚乙烯纤维。本文所用的术语聚乙烯是指主要线性的聚乙烯材料,其可含有不超过大约 5 个改性单元/100 个主链碳原子的次要量的链支化或共聚单体,也可含有不多于大约 50 重量%的一种或多种聚合添加剂,如链烯-1-聚合物,特别是低密度聚乙烯、聚丙烯或聚丁烯,含有单烯烃作为主要单体的共聚物、氧化聚烯烃、接枝聚烯烃共聚物和聚甲醛,或常引入的低分子量添加剂,如抗氧

化剂、润滑剂、紫外线屏蔽剂、着色剂等。

[0018] 高韧度聚乙烯纤维可购得并由美国新泽西州莫里斯敦的 Honeywell International Inc 以商标 SPECTRA[®] 纤维出售。也可以使用来自其它来源的聚乙烯纤维。

[0019] 取决于成形技术、拉伸比和温度和其它条件,可赋予这些纤维各种性质。聚乙烯纤维的韧度特别为至少大约 7 g/d,优选至少大约 15 g/d,更优选至少大约 30 g/d,更进一步优选至少大约 35 g/d,最优选至少大约 45 g/d。类似地,通过 Instron 拉伸试验机测得的该聚乙烯纤维的初始拉伸模量优选为至少大约 300 g/d,更优选至少大约 500 g/d,更进一步优选至少大约 1,000 g/d,最优选至少大约 1,800 g/d。韧度和初始拉伸模量的这些最高值通常只能使用溶液生长或凝胶纺丝法获得。许多长丝的熔点高于用于形成它们的聚合物的熔点。因此,例如,分子量为大约 150,000、大约 1 百万和大约 2 百万的高分子量聚乙烯通常具有 138°C (280 °F) 的本体熔点。由这些材料制成的高取向聚乙烯长丝具有大约 7°C (13 °F) 至大约 13°C (23 °F) 或更高的熔点。因此,熔点的轻微提高反映了结晶完整性和长丝比本体聚合物更高的结晶取向。

[0020] 类似地,可以使用重均分子量为至少大约 200,000,优选至少大约 1 百万,更优选至少大约 2 百万的高取向高分子量聚丙烯纤维。可以通过上文提到的各种参考资料中规定的技术,尤其是通过 US 4,413,110 的技术将这样的伸直链聚丙烯形成合理地良好取向的长丝。由于聚丙烯是结晶度比聚乙烯低得多的材料并含有侧甲基,用聚丙烯可实现的韧度值通常明显低于聚乙烯的相应值。因此,聚乙烯纤维的合适的韧度优选为至少大约 8 g/d,更优选至少大约 11 g/d。聚丙烯的初始拉伸模量优选为至少大约 160 g/d,更优选至少大约 200 g/d。取向过程通常使聚丙烯的熔点提高几度,以致聚丙烯长丝优选具有至少 168°C (334 °F),更优选至少 170°C (338 °F) 的主熔点。使用具有至少大约 200,000 的重均分子量以及上述参数(模量和韧度)的优选范围的纤维可有利地在最终制品中提供改善的性能。

[0021] 在芳族聚酰胺纤维的情形中,US 3,671,542 中描述了由芳族聚酰胺形成的合适的纤维,其关于芳族聚酰胺纤维的教导经此引用并入本文。优选的芳族聚酰胺纤维具有至少大约 20 g/d 的韧度、至少大约 400 g/d 的初始拉伸模量和至少大约 8 J/g 的致断能,特别优选的芳族聚酰胺纤维具有至少大约 20 g/d 的韧度和至少大约 20 J/g 的致断能。最优选的芳族聚酰胺纤维具有至少大约 28 g/d 的韧度、至少大约 1000 g/d 的模量和至少大约 30 J/g 的致断能。例如,具有中等高的模量和韧度值的聚(对苯二甲酰对苯二胺)长丝特别可用于形成防弹复合材料。实例是 DuPont 的 KEVLAR[®]29、KEVLAR[®]129 和 KM2 (可以 400、640 和 840 旦获得)和 Teijin 的 TWARON[®]1000 和 2000 型纤维(具有 1000 的旦数)、来自 Kolon Industries, Inc. 的 HERACRON[®] 纤维和俄罗斯的 Kamensk Volokno JSC 和 JSC Chim Volokno 工业生产的许多纤维,如分别具有大约 1250 g/d 和 32 g/d 的初始拉伸模量和韧度值的 RUSAR[™]、ARTEC[™]、ARMOS[™] 和 SVM[™]。其它实例是来自 du Pont 的 KEVLAR[®]129 和 KM2 和来自 Teijin 的 TWARON[®]T2000。在本发明中也可以使用来自其它制造商的芳族聚酰胺纤维。聚(对苯二甲酰对苯二胺)的共聚物(例如共聚(对苯二甲酰对苯二胺对苯二甲酰 3,4'-氧代联苯二胺(3,4'-oxydiphenylene terephthalamide)))也合适。DuPont 以商品名 NOMEX[®] 出售的聚(间苯二甲酰间苯二胺)纤维也可用。也可以使用来自各种供应商的芳族聚酰胺纤维。

[0022] 单向取向纤维片层

无论所用高韧度纤维的类型如何,包括上述任何聚烯烃和/或芳族聚酰胺纤维,本文所述背心的刚性护胸板和柔性织物的纤维层都结合入无纺布物中,如以单向取向纤维的片层(ply)形式。在这种情形中,单向取向纤维的层或片层优选以交叉铺层布置使用,其中一个纤维层沿一个方向延伸,第二纤维层沿与第一纤维呈 90° 的方向延伸。在各个片层是单向取向纤维时,相继的片层优选彼此相对偏转,例如以 $0^\circ/90^\circ$ 、 $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$ 或 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/45^\circ/0^\circ$ 的角度或以其它角度偏转。在优选实施方案中,护胸板和织物的所述多个纤维层均为单向取向纤维的交叉铺层布置,相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸。

[0023] 背心或其它制品的刚性部件(例如护胸板)或柔性部件(例如织物)中所用的纤维层数可取决于所需性能和所需重量而广为不同。例如,层数可通常为大约2至大约100层,常常为大约2至大约10层。在更具体的实施方案中,该板和织物各自包含大约2至大约8个纤维层,通常可包含大约2至大约4个纤维层。纤维层可具有任何合适的厚度,且所述多个纤维层各层的厚度可以相同或不同。同样地,该板和/或织物的所述多个纤维层各层的面密度可广为不同,但通常选择这些使得背心或其它制品的总重量在对穿着者或使用者的保护和舒适性而言都可接受的范围内。根据其它实施方案,如本文所述的防弹背心可具有符合特定的国家司法研究所(NIJ)威胁等级,例如NIJ威胁等级IIIA所要求的片层/层数。

[0024] 树脂基质

刚性护胸板和柔性接合织物的纤维层(或纤维片层)的高韧度、高拉伸模量纤维(例如高韧度、高拉伸模量聚乙烯纤维或高韧度、高拉伸模量芳族聚酰胺纤维)可以位于树脂基质中。用于该纤维(无论在板还是织物中的层中)的树脂基质可以由具有所需特性的众多弹性体和其它树脂形成。在这类树脂基质中使用低模量树脂如弹性体,例如具有通过ASTM D638测得的最多大约41.4 MPa (6,000 psi)的初始拉伸模量(弹性模量)。在另一些实施方案中,该树脂具有最多大约16.5 MPa (2,400 psi)、最多大约8.23 MPa (1,200 psi)或最多大约3.45 MPa (500 psi)的初始拉伸模量。该树脂的玻璃化转变温度(T_g)优选为最多大约 0°C (32°F),更优选最多大约 -40°C (-40°F),最优选最多大约 -50°C (-58°F)。该树脂还具有至少大约50%,更优选至少大约100%,最优选至少大约300%的优选断裂伸长。可以选择该树脂以在硫化时具有高拉伸模量,如通过ASTM D638测得的至少大约 10^6 psi (6895 MPa)的拉伸模量。例如在US 6,642,159中描述了这样的树脂的实例。该树脂通常是热塑性的,但热固性材料也可用。

[0025] 该板或织物的纤维层中树脂基质材料相对于纤维的比例可取决于纤维和树脂基质的具体选择而广为不同。该树脂基质优选占大约0%(即无树脂)至大约98重量%,更优选大约5%至大约95重量%。根据优选实施方案,该树脂基质,尤其在包含或由一种或多种具有低模量的树脂构成时,可以相对较低的比例使用,例如使得板和织物的纤维层都位于数值基质中,且所述树脂基质分别以板(即板的纤维和树脂基质的总重量)和织物(即织物的纤维和树脂基质的总重量)的大约10%至大约40重量%,和通常大约15%至大约25重量%的量存在。较低量的低模量树脂的使用有利地改善背心或其它制品的挠性和性能。

[0026] 在树脂基质中可以使用众多树脂,包括热塑性树脂、热固性树脂、共混树脂和杂化树脂。例如,低模量数值的代表性实例包括: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、热塑性聚氨酯、聚氨酯弹性体、氯磺化聚乙烯、聚氯丁烯、使用邻苯二甲酸二辛酯或本领域中公知的其它增塑剂增塑的聚氯

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、热塑性弹性体和乙烯共聚物。热固性树脂的实例包括可溶于碳-碳饱和溶剂,如甲乙酮、丙酮、乙醇、甲醇、异丙醇、环己烷、乙基丙酮及它们的组合中的那些。热固性树脂包括乙烯基酯、苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物、邻苯二甲酸二烯丙酯、酚醛树脂如苯酚甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、环氧树脂、聚酯树脂、聚氨酯树脂和它们的混合物等。包括在上述 US 6,642,159 中公开的那些树脂。优选的热固性树脂包括环氧树脂、酚醛树脂、乙烯基酯树脂、聚氨酯树脂和聚酯树脂和它们的混合物。用于聚乙烯纤维织物的优选热固性树脂包括至少一种乙烯基酯、邻苯二甲酸二烯丙酯和任选用于硫化乙烯基酯树脂的催化剂。

[0027] 优选的一类树脂是热塑性聚氨酯树脂。用于树脂基质的优选的一类弹性体材料包括共轭二烯和乙烯基芳族共聚物的嵌段共聚物。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 $R-(BA)_x$ ($x=3-150$) 类型的简单三嵌段共聚物;其中 A 是来自聚乙烯基芳族单体的嵌段, B 是来自共轭二烯弹性体的嵌段。优选的树脂基质是异戊二烯-苯乙烯-异戊二烯嵌段共聚物,如可获自 Kraton Polymer LLC 的 Kraton® D1107 异戊二烯-苯乙烯-异戊二烯嵌段共聚物。此处可用的另一树脂基质是热塑性聚氨酯,如聚氨酯树脂在水中的共聚物混合物。

[0028] 可位于该板和 / 或织物的纤维层上的树脂基质的类型包括耐受水和有机溶剂的溶解、渗透和 / 或流逸的腈橡胶聚合物。例如在 US 2009/0163105 中描述了这样的腈橡胶聚合物,其关于这些聚合物的教导经此引用并入本文。根据具体实施方案,因此,本文所述的复合材料包含位于护胸板和 / 或织物的纤维层的高韧度纤维上的腈橡胶聚合物。在优选实施方案中,该腈橡胶聚合物以树脂基质和纤维总重量的大约 2% 至大约 50% 的量存在于任一这些部件中。

[0029] 树脂基质的涂布和 / 或浸渍

根据代表性的实施方案,护胸板的单向取向纤维的所述多个纤维层中每一层在模制之前用树脂基质涂布或浸渍。同样,织物的纤维可以类似地在固结之前用如上所述的树脂基质涂布或浸渍。因此,通过先构造纤维网络和随后用基质组合物涂布该网络来形成该护胸板或织物的纤维层。本文所用的术语“涂布”以广义使用以描述这样的纤维网络——其中各纤维具有包围该纤维的基质组合物连续层或在纤维表面上的基质组合物不连续层。在前一情形中,可以说纤维完全嵌在基质组合物中。术语涂布和浸渍可互换使用。

[0030] 该树脂基质组合物可以任何合适的方式(例如溶液、分散体或乳状液)施加到护胸板或织物的纤维或纤维层上。在所有情形中,通常随后干燥所得基质涂布的纤维网络。可以将树脂基质的溶液、分散体或乳状液喷到长丝上。可选择地,可以用水溶液、分散体或乳状液通过浸渍或借助辊涂机等涂布所述纤维。在涂布后,所得经涂布的纤维网络可随后通过干燥箱,在此对经涂布的纤维施以足够的热以蒸发树脂基质组合物中的水或其它液体。经干燥的涂布的纤维网络可随后置于载体网幅(其可以是纸或薄膜基底)上。或者,可以在用树脂基质涂布之前将纤维先置于载体网幅上。在任一情形中,该基底和包含一个或多个纤维层的经涂布的纤维网络可随后以已知方式卷绕成连续卷。

[0031] 或者,在用基质材料涂布单向取向的纤维网络之前,可以从筒子架供应高韧度高拉伸模量的纤维长丝的纱束并经由导辊和一个或多个舒展杆(spreader bars)引导到准直

梳中。准直梳使长丝基本单向地和基本在相同面中对齐。

[0032] 模制 / 固结

将用于背心或其它制品的刚性板或柔性织物部件的纤维层(其任选用树脂基质涂布 / 浸渍以形成如上所述的经涂布的纤维网络)模制或固结。特别地,将纤维层,任选与经涂布和 / 或层压的纤维网络的已制成的“预浸料坯”一起,结合形成模制或固结的护胸板和织物部件。可通过干燥、冷却、加热、压力或它们的组合实现固结。代表性的固结方法包括使用加热的夹辊提供用于进行固结的温度和压力。

[0033] 尽管模制和固结技术类似,但各方法也在若干方面中不同。特别地,模制是间隙法,固结是连续法。此外,模制通常涉及使用模具,如形成相对平坦的部件时的配套模具,或成型模具。但是,模制不一定像固结常得到的那样产生平面产品。通常,在平板层压机、研光夹辊组中或作为湿层压进行固结以制造柔性或软装甲,如本文所述背心中所用的织物。模制通常用于制造刚性或硬装甲,如这些背心中所用的护胸板。例如在 US 4,623,574 ;US 4,650,710 ;US 4,748,064 ;US 5,552,208 ;US 5,587,230 ;US 6,642,159 ;US 6,841,492 ;和 US 6,846,758 中描述了用于形成刚性制品的模制技术。

[0034] 因此可通过层层叠加该板或织物的各纤维层或这些层的经涂布或浸渍的预浸料坯、接着在热和压力下将它们粘合在一起以使整个结构热定形、使基质材料流动并占据任何剩余空隙空间来实现模制或固结。如上所述,该板和织物的各纤维层都优选交叉铺层以实现优异的防弹性,使得一层的纤维排列方向相对于另一层的纤维排列方向旋转一定角度(即层不平行)。例如,优选结构具有置于一层的两个纤维层使得一层的纵向纤维方向垂直于另一层的纵向纤维方向(相对于其以 90° 方向延伸)。

[0035] 可以在大约 93°C (200 °F) 至大约 177°C (350 °F),更优选大约 93°C (200 °F) 至大约 149°C (300 °F),最优选大约 93°C (200 °F) 至大约 121°C (250 °F) 的温度和大约 172 kPa (25 psi) 至大约 3.45 MPa (500 psi) 的压力下实现适用于模制或固结纤维层的粘合,但可以使用更高压力。可以在高压釜中进行模制或固结。在典型的真空袋模制操作中,将纤维层和树脂基质的层叠体(layer up)转移到密封袋中并对袋内容物施加真空,由此在高压釜环境与袋环境之间引起最多 1 额外大气压的压差。在真空下的袋通常在高压釜中,例如在大约 93°C (200 °F) 至大约 177°C (350 °F) 的代表性温度下在大约 (345 kPa) 50 psi 至大约 2.1 MPa (300 psi) 的高压釜压力下加热,接着冷却至室温。

[0036] 在加热时,可以使树脂基质发粘或流动而不完全熔融。但是,通常,如果使树脂基质熔融,需要相对较小的压力形成复合材料,而如果仅将树脂基质加热至发粘点,通常需要更大压力。保持模制和固结温度和压力的时长通常为大约 10 秒至大约 24 小时,典型地为大约 5 分钟至大约 3 小时,常常为大约 10 分钟至大约 2 小时不等。但是,模制和固结温度、压力和时间通常取决于树脂基质的含量和类型以及纤维的含量和类型。

[0037] 因此,该板和织物的模制或固结的层状复合材料的优选厚度为所用高韧度纤维层中每纤维层大约 25 微米(0.98 密尔)至大约 500 微米(20 密尔),更优选每纤维层大约 75 微米(3.0 密尔)至大约 385 微米(15 密尔),最优选每纤维层大约 125 微米(4.9 密尔)至大约 255 微米(10 密尔)。尽管这样的厚度是优选的,但要理解的是,可以制造其它层厚度以满足特定需要,但仍落在本发明的范围内。

[0038] 各层的面密度可优选为大约 0.034 kg/m² (0.0070 lb/ft²) 至大约 3.1 kg/m²

(0.63 lb/ft²),更优选大约 0.17 kg/m² (0.035 lb/ft²) 至大约 2.2 kg/m² (0.45 lb/ft²),最优选大约 0.17 kg/m² (0.035 lb/ft²) 至大约 0.85 kg/m² (0.17 lb/ft²)。护胸板和织物的各纤维层的厚度和面密度可以相同或不同。

[0039] 防弹背心和其它制品的形成

在使用模制或固结形成该板和织物的层状复合材料后,可通过接合这些部件形成背心或其它制品。术语“接合”包括物理连接以及无物理连接的联结或并置。可以例如用粘合剂(例如多硫化物、环氧树脂、酚醛树脂、弹性体等)、用机械紧固件(例如针、钉、铆钉、螺钉、螺杆等)或用这些的组合来实现板和织物之间的物理连接。在不存在物理连接的情形中,可以使用非连接式(un-attached)的联结或并置将织物与板接合,例如将护胸板以可拆除方式插入有策略放置的织物袋中。这允许在只需要中等保护的用途中使用无护胸板的背心,也允许将护胸板与具有类似构造的袋的其它服装或非服装制品一起使用。在背心区域的仅一部分中使用例如由护胸板提供的刚性装甲既能控制受到最高防弹保护的背心位置,又能控制背心的总重量。在使用非物理连接接合护胸板和织物的另一代表性实施方案中,可以将一部分织物包裹在护胸板周围(例如在张力下使护胸板保持就位)。或者,可以例如通过将织物的包裹部分缝合到护胸板上 come 结合使用物理和非物理连接。

[0040] 无论板和织物是以物理还是非物理方式接合,织物优选遮盖或覆盖板的至少一面,使得在穿着背心或其它制品时其隐藏在视线中。该板的面是指具有或多或少平面结构的表面(例如前和后表面),其与例如具有低得多的表面积四个表面相比具有高表面积。因此在穿着背心或其它服装制品时,相对的面朝向和背对使用者。在许多情形中,织物可覆盖护胸板的两面,例如在将护胸板如上所述完全插在织物袋内时。在这种情形中,本身提供显著防弹保护的织物除位于护胸板与使用者之间外,还位于射来的射弹(例如子弹或榴霰弹)与护胸板之间,由此在护胸板前和后都提供保护。

[0041] 防弹背心和其它制品的性质

尽管防弹背心在本公开通篇中充当示例性服装制品,但容易认识到,本文所述的护胸板和织物部件广泛适用于其它制品(例如防护盾、毯和板等),特别是服装制品,如衬衫、夹克、裤子和帽子,它们可类似地分别使用该板和织物的刚性和柔性结构。

[0042] 包含本文所述的板和织物部件的背心和其它制品(例如服装制品)具有良好挠性和舒适性以及优异的防弹保护和防碎片性。小尖射弹可通过侧向推开纤维而不使纤维断裂来穿透装甲。在这种情形中,抗穿透性取决于纤维有多容易推开,因此取决于纤维网络的性质。包含纤维层的制品的防弹或防碎片性中的重要因素是交叉铺层的纤维层中的交迭周期性、纤维旦数、纤维间摩擦、树脂基质特性、层间粘合强度等。就性能而言,该背心和其它制品具有用在军事、执法和需要对使用者的高度保护的其它用途中的许多合意性质。这些性质包括如上论述的至少在护胸板区域中的抗穿透性值,和总重量。

[0043] 该背心或其它制品的总厚度(甚至在板区域中)有利地小于大约 12 毫米(0.47 英寸)(例如大约 4 毫米(0.16 英寸)至大约 12 毫米(0.47 英寸)),通常小于大约 10 毫米(0.39 英寸)(例如大约 4 毫米(0.16 英寸)至大约 10 毫米(0.39 英寸))。该织物和板一起的总面密度(例如该背心在护胸板区域中的面密度)有利地小于大约 39.2 kg/m² (8 lb/ft²) (例如大约 2.44 kg/m² (0.5 lb/ft²) 至大约 29.3 kg/m² (6 lb/ft²)),通常小于大约 29.3 kg/m² (6 lb/ft²) (例如大约 4.89 kg/m² (1 lb/ft²) 至大约 29.3 kg/m² (6 lb/ft²)),通常小

于大约 24.4 kg/m² (5 lb/ft²) (例如大约 9.77 kg/m² (2 lb/ft²) 至大约 24.4 kg/m² (5 lb/ft²))。

[0044] 根据优选实施方案的具有高抗穿透性和上述总重量特性的代表性背心包含 (a) 包含多个单向取向纤维层的刚性装甲护胸板, 所述纤维层包含具有至少大约 7 克 / 旦的韧度和至少大约 150 克 / 旦的拉伸模量的聚乙烯纤维, 其中护胸板的纤维层在具有最多大约 27.6 MPa (4,000 psi) 的拉伸模量的树脂基质中, 护胸板的相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸, 且护胸板的所述多个纤维层是模制的; 还包含 (b) 容纳护胸板(例如在织物袋内)并包含多个单向取向纤维层的柔性织物, 所述纤维层包含具有至少大约 7 克 / 旦的韧度和至少大约 150 克 / 旦的拉伸模量的聚乙烯纤维, 其中织物的纤维层在具有最多大约 27.6 MPa (4,000 psi) 的拉伸模量的树脂基质中, 织物的相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸, 且织物的所述多个纤维层是固结的。

[0045] 在这种代表性实施方案中, 因此, 护胸板和织物部件都包含呈现单向取向纤维的交叉铺层布置的多个高韧度纤维层, 相邻纤维层相对于彼此以 90° 方向延伸。根据优选实施方案这些部件可因此包括 SPECTRA SHIELD®, 其具有 2 至 4 层如上所述的单向取向的 SPECTRA® 纤维, 相邻层相对于彼此以 90° 交叉铺层。

[0046] 本发明的整体方面涉及包含刚性和柔性部件(例如刚性护胸板和柔性织物)的轻质高性能背心和其它制品。本领域技术人员借助从本公开中获得的知识会认识到, 可以在不背离本公开的范围的情况下对这些背心和其它制品和它们的制造方法作出各种改动。本文所述的主题因此是本发明及其相关优点的代表, 不应被解释为限制如所附权利要求书中所限定的发明范围。