



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101484773 B

(45) 授权公告日 2011.08.31

(21) 申请号 200580020523.1

A41D 31/00 (2006.01)

(22) 申请日 2005.06.21

B32B 5/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

60/581,473 2004.06.21 US

(56) 对比文件

US 4737401 A, 1988.04.12, 全文.

CN 1216609 A, 1999.05.12, 全文.

EP 0678724 A1, 1995.10.25, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.12.21

US 5354605 A, 1994.10.11, 说明书第1栏第

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/022848 2005.06.21

46至58行,第7栏第58行至第8栏第22行,第
12栏第45行至第13栏第2行以及权利要求1,
11.

(87) PCT申请的公布数据

W02006/132642 EN 2006.12.14

WO 89/06190 A1, 1989.07.13, 全文.

(73) 专利权人 纳幕尔杜邦公司

地址 美国特拉华州

审查员 张静

(72) 发明人 B·B·绍尔 K·R·萨曼特

J·D·特伦塔科斯塔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公
司 72001

代理人 刘元金 邹雪梅

(51) Int. Cl.

B32B 7/00 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

D06M 15/00 (2006.01)

D02G 3/04 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

纤维结构及包含该纤维结构的制品

(57) 摘要

本发明涉及由纤维和约1~约15重量%玻璃
化转变温度约-40℃~约0℃的高粘度聚合物制
成并适用于制造防弹制品的纤维结构。

1. 一种纤维结构,包含纤维和 1 ~ 15 重量%的玻璃化转变温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 的高粘度聚合物,其中所述聚合物是聚丙烯酸乙酯。
2. 按照权利要求 1 的纤维结构,其中聚合物的分子量为 20,000 ~ 400,000。
3. 按照权利要求 1 的纤维结构,其中聚合物在 20°C 的粘度为 $2 \times 10^6 \sim 10^{13}$ 泊。
4. 按照权利要求 1 的纤维结构,其中纤维纺自下列聚合物之一:聚烯烃、聚酰亚胺、聚酯、聚乙烯醇、聚苯并咪唑、聚吡啶并双咪唑、聚哒唑 (Polypyridazole)、聚芳烃吡咯 (polyareneazole) 或聚芳酰胺。
5. 按照权利要求 1 的纤维结构,其形式选自针织物、织造织物、单编结构、单向布、多向布、非织造层或单纤维。
6. 按照权利要求 1 的纤维结构,其中所述纤维是聚芳酰胺。
7. 包含一层或多层权利要求 1 的纤维结构的制品,其中所述聚合物是聚丙烯酸乙酯。
8. 权利要求 7 的制品,其中纤维包含聚吡啶并双咪唑。
9. 权利要求 7 的制品,其中纤维包含聚哒唑。
10. 权利要求 7 的制品,其中纤维包含聚芳烃吡咯。
11. 权利要求 7 的制品,其中纤维包含聚苯并咪唑。
12. 权利要求 7 的制品,其中纤维包含聚对苯二甲酰对苯二胺。
13. 权利要求 7 的制品,其中制品是防弹衣。
14. 权利要求 7 的制品,其中制品是包含处理和未处理层组合的防弹衣。

纤维结构及包含该纤维结构的制品

[0001] 相关申请交互参考文献

[0002] 本申请要求 2004 年 6 月 21 日提交的临时申请 60/581,473 的优先权权益。

[0003] 发明背景

[0004] 1. 发明领域

[0005] 本发明涉及浸渍了低玻璃化转变温度粘性聚合物粘合剂的纤维结构并涉及由其制成的制品。

[0006] 2. 相关技术描述

[0007] 虽然许多柔性防弹衣结构足以终止射弹,但与钝伤相关的冲击仍能造成这种制品如防弹背心的穿戴者受重伤甚至死亡。减轻钝伤的严重程度可以通过耗散冲击能来实现。

[0008] 先前,为减轻钝伤曾把较刚性层放在靠近身体的部分,但已发现这会明显降低抗射弹穿透性并增加防弹衣的重量,同时还会减少舒适性。

[0009] 国际申请 (WO 2004/074761A1) 公开了以溶液浸渍进防弹织物和其它相关的含纤维防弹布的粘弹性聚物流体。玻璃化转变温度 (T_g) 的优选范围是 $-128^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 。考虑了 $0.25\text{Pa}\cdot\text{s} \sim 2.5 \times 10^4\text{Pa}\cdot\text{s}$ 的低粘度。

[0010] Briscoe, B. J., Motamedi, F., “Role of interfacial friction and Lubrication in yarn and fabric mechanics (界面摩擦和润滑作用在纱和织物力学中的作用)”, Textile Research Journal 1990 6(12), 697 和 Briscoe, B. J., Motamedi, F. “The ballistic impact characteristics of aramid fabrics: the influence of interface friction (芳族聚芳酰胺织物的射弹冲击特性: 界面摩擦的影响)”, Wear 1992 158(1-2), 229 都描述了浸进纤维的中等粘度聚合物。添加剂的 T_g 为 -115°C 。他们观察到了预期的润滑作用。

[0011] 授予 Rhoades 等的 US 6,701,529 公开了刚度增加正比于受载速率的由聚合物、润滑剂和 / 或填料组分组成的能量吸收介质。聚硼硅氧烷聚物流体和其它氢键键合聚物流体混合物表现出膨胀 (剪切增稠) 特性。

[0012] 授予 Lee, Y. S 等的 US 专利 3,649,426 (N. J. Advanced Body Armor utilizing Shear Thickening Fluid (利用剪切增稠流体的先进防弹衣)), 23rd Army Science Conference, 2002) 考虑了颗粒与防弹纤维一起的剪切增稠悬浮体。

[0013] WO 00/46303 和 US 3,649,426 描述了在芳族聚芳酰胺板的袋内或背面含有剪切增稠颗粒悬浮体的芳族聚芳酰胺织物。

[0014] U. S. 专利 5,776,839 公开了典型组成是炭黑、热解法二氧化硅 (纳米二氧化硅) 和少量 “胶” 住防弹纤维和织物的 “粘合剂” 的膨胀性干粉的应用。

[0015] U. S. 5,229,199 考虑了涂有粘结改性剂并包埋在基体树脂中的织造芳族聚芳酰胺织物的刚性复合材料。减小的摩擦和弱化的界面导致提高的防弹性。如果织物内的摩擦太大,或如果基体太刚,则会严重降低防弹性。

[0016] US 5,354,605 用低 T_g 、高分子量弹性体作为纤维层的粘合剂基体。它们在单向防弹层内提供柔软性。

[0017] US 5,854,143 描述了适用于防弹衣的材料,它包含,不论在单层或多层组件或层压板内,至少一层含有涂布了属于有机膨胀剂的干粉的平面结构。

[0018] 最理想的目标是提高柔软防弹衣的抗钝伤性,同时保持高的防弹性。此外,防弹背心更舒适和重量更轻也是要达到的理想性能。

[0019] 发明概述

[0020] 本发明涉及纤维和约 1 ~ 约 15 重量%玻璃化转变温度约 -40°C ~ 约 0°C 的高粘度聚合物的纤维结构以及由这类纤维状纤维制成的防护制品。

[0021] 发明详述

[0022] 在本发明中,一种或多种低玻璃化转变温度的高粘度聚合物粘合剂被涂布到或浸渍进纤维结构。高粘度聚合物粘合剂也可以称做聚合物或粘合剂。另外,当用术语浸渍时,应理解它也旨在包括涂层在内。既保持了优良的防弹性同时又提高了耐钝伤性。背面形变是钝伤的指标,也就是说,BFD 越低,则防弹衣穿戴者所受的钝伤就越轻。已经发现,与先有技术体系不同,在许多不同类型的纤维结构中,低含量就有效。浸进纤维结构中的少量液态粘合剂主要起磨擦提高剂的作用,机理是改变射弹冲击条件下织物内单丝的滑动磨擦。而且,本发明的材料在防弹衣之类的制品中提供减小的背面形变 (BFD),同时保留或略提高抗射弹穿透性。在通篇本说明书中,BFD 的单位是毫米 (mm)。

[0023] 本发明还涉及包含一层或多层已浸渍 (或已涂布) 约 1 ~ 15 重量%玻璃化转变温度 T_g 约 -40°C ~ 0°C 的高粘度树脂的高性能纤维结构。玻璃化转变温度用差示扫描量热法 (DSC) 以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率测定。把转变中点选为 T_g 。在通篇本说明书中, T_g 的单位是 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0024] 与本发明的粘合剂不同,固体粘合剂基体会降低抗射弹穿透性,正如其它较刚性的添加剂以及因存在约 15 重量%或更多粘合剂添加剂而太刚或摩擦力太高的体系所表现的那样。如下文讨论,对于浸渍织物内很高的摩擦和刚度,这种行为是意料之中的,正如当多层受到高速射弹冲击时那样。

[0025] 关于含低 T_g 粘合剂的织物在冲击期间的响应,考虑这类体系的应变速率依赖性很重要。实验上理解这一点的一种方法是应用频率依赖动态力学法。为进行试验,用聚丙酸乙烯酯 (PVP) 或聚甲基丙烯酸己酯 (PHM) 浸渍惰性玻璃载体织物。让 PHM 从甲苯溶液中沉积出来并除去甲苯。用这些样品进行频率依赖动态力学分析 (DMA)。实验和设备都是标准的且已描述在 Starkweather, H. W., Giri, M. R., J. Appl. Polym. Sci. 1982, 27, 1243 题为 “Use of a Dynamical Mechanical Analyzer to Study Supported Polymers (用动态力学分析仪研究带载体聚合物)” 一文中。取损耗信号的峰值为频率依赖性玻璃化转变温度。取频率范围两端分别为 0.1Hz ~ 30Hz , 则 PHM 的 T_g 在 -18.5°C ~ -2°C 范围内。在同样频率范围内,PVP 的 T_g 范围为 3°C ~ 12.5°C 。它们对应于 PHM 和 PVP 的活化能分别是 40kcal/mol 和 65kcal/mol 。射弹事件很高的应变速率产生高当量频率 ($\gg 10^5\text{Hz}$) 形变。如此高的应变速率很容易把 PVP 和 PHM 从液态转变为玻璃态固体。例如,在 10^5Hz , 根据 PHM 的活化能, T_g 将移到 25°C 。该值表明,在由射弹冲击引起的高应变速率下,甚至 PHM 在室温下也已进入了玻璃相。

[0026] 本发明中所用高粘度粘合剂的 T_g 落在约 -40°C ~ 约 0°C 范围内,且优选在约 -35°C ~ 约 -10°C 范围内。对于这类材料,来自射弹事件的高应变速率足以把它的频率依

赖性 T_g 移到室温之上,从而把粘性粘合剂转变为刚性玻璃态固体。由于低 T_g 和“流体”性质,这类粘合剂提供制造在静态条件下很舒服的防弹背心的柔软织物。如果玻璃化转变温度低于约 -40°C ,则应变速率尚未高到足以把该体系转变为玻璃相。

[0027] 如上所述,粘合剂应该是高粘度聚物流体。它们不应该是弹性固体、很高分子量的聚合物、半结晶弹性固体或交联弹性固体。这类聚合物会降低抗射弹穿透性而且更刚,因此会降低舒适性。而且,尤其少量涂布的固体粘合剂,在一旦织物发生大变形时,将不可能自愈并将失去有效性。

[0028] 这类高粘度粘合剂提供中等至较高的摩擦。对于 T_g 在约 -40°C ~ 约 0°C 范围内的高粘度树脂,超过干织物对比样品的高摩擦与 BFD 之间有良好的相关性并提供性能优越性。浸渍添加剂的粘度也与织物刚度相关。

[0029] 除 T_g 以外,本发明中所用粘合剂的特征还在于它们的分子量 (M_w) 和粘度。分子量是重均分子量且一般由凝胶渗透色谱法测定。粘性流体聚合物的分子量可以是,例如,在约 $20,000 \sim 400,000\text{g/mol}$ 范围内。粘性流体的理想粘度范围是约 $2 \times 10^6 \sim 10^{13}$ 泊。粘度一般在室温下测定,但如本文所提供的粘合剂在室温下的粘度一般都高到无法用标准方法测定。在这种情况下,粘度是从高温熔体粘度、熔体流动指数特性或其它定性流变特性的外推法估算的。对于聚物流体的零剪切速率粘度,所用的方法是锥-板流变仪或毛细管粘度计。上述范围以外的低粘度一般会降低性能,例如,在低 T_g 甚至高 M_w 的硅氧烷流体的情况下。这些材料因润滑作用而减小摩擦。已把这一点与差的防弹性联系起来,如 Briscoe, B. J., Motamedi, F. 在“The ballistic impact characteristics of aramid fabrics: the influence of interface friction (芳族聚芳酰胺织物的射弹冲击性能:界面摩擦的影响)”, Wear 1992 158 (1-2), 229 中所公开。

[0030] 具有合适性能的液体粘合剂可以用多种方法形成,包括如悬浮、乳液或熔体聚合和以共混或共聚形式形成。适用于作本文高粘度粘合剂的聚合物的实例包括聚丙酸乙酯、聚甲基丙烯酸己酯、聚丙烯酸 异丙酯和乙烯/丙烯酸甲酯共聚物(其中乙烯含量为 38 重量%和丙烯酸甲酯含量为 62 重量%)。

[0031] 纤维结构可以用由下列聚合物制成的纤维来制造:聚烯烃(如聚乙烯或聚丙烯)、聚酰亚胺、聚酯、聚乙烯醇、聚苯并咪唑(PBI)、聚芳酰胺如杜邦 de Nemours and Company (DuPont), Wilmington, DE 以注册商标 KEVLAR® 销售的聚对苯二甲酰对苯二胺、聚芳烃吡咯 (polyareneazole) 和聚吡唑 (polypyridazole),如聚吡啶并双咪唑。聚吡啶并双咪唑可获自 Magellan Systems International, Richmond VA, 注册商标是 M5®。纤维的韧度,按 ASTM D-885 测定时,应至少为约 900MPa 才能提供出色的抗射弹穿透性。优选纤维还有至少约 10GPa 的模量。

[0032] 高性能纤维结构可以采取多种形式,如针织物、织造织物、单编结构、单向布、多向布(如纤维交叉角为约 $20 \sim 90^{\circ}$ 的那些)、非织造层(如毡)、或甚至单纤维。纤维结构可以取 10、20、40 或 60 层以上本发明单层纤维结构的形式。

[0033] 为优化防弹衣的性能,处理层可放在远离冲击点的背面,也可以放在中间,或以其它形式。聚合物浓度可以是各处理层相同,也可以是层与层之间有所不同,以使组合包在厚度方向上的刚度理想地变化。处理层可用在由层与层之间不同的多类织物结构组成的组合包内。

[0034] 在防弹织物中浸渍流动性和模量明显不同于固体弹性体的高粘度粘合剂。当聚芳酰胺织物中添加剂含量在约 1 ~ 约 15 重量%范围内时,取决于有多少层是处理过的,抗射弹穿透性和背面形变(钝伤的量度)都达到理想的高水平。据信,与目前为了使织物背心在使用中达到满意的防钝伤保护作用所需的面密度相比,这类体系能减轻约 20 ~ 30 重量%。如本发明中所用的高粘度粘合剂的玻璃化转变温度能使它们在本发明中具有理想的液体粘合剂性能并通过纤维结构内的粘度和摩擦效应来控制背面形变。

[0035] 防弹衣是本发明的主要应用。已浸胶的高性能纤维结构可以用标准背心制造工艺如缝编法制成防弹衣。防弹衣由制造厂设计,以满足国家司法机构通过 NIJ100-98 建立起来的抗穿透、钝伤和其它要求。按照 NIJ 100-98,把防弹板组合成单个元件的方式,在制造者之间是不同的。在有些情况下,沿整个板边滚边缝合多层;在另一些情况下,在若干个部位粗纳多层。有些制造厂用多行水平和垂直纳针组合织物;有些甚至可衍缝整个防弹板。没有迹象表明缝编针脚会破坏板的防弹性。相反,针脚倾向于改善全面性能,尤其在钝伤方面,取决于所用织物的类型。

[0036] 实施例

[0037] 在实施例中给出了粘性液体聚合物以展示能提高 BFD 的多种聚合物以及对比实施例。值得指出的是,迄今,已有大量文献提出在聚芳酰胺织物中加进粘合剂基体或弹性体树脂会降低防弹性,如 US 专利 5,229,199 所述。例如,如果织物内的摩擦因基体太刚而太高,则由聚芳酰胺织物制成的背心的防弹性明显降低。

[0038] PVP、聚甲基丙烯酸己酯、聚丙烯酸异丙酯、聚乙烯基乙基醚、聚丙烯酸异丁酯和聚二甲基硅氧烷都获自 Scientific Polymer Products Inc. of Ontario, NY。聚苯基甲基硅氧烷和联苯基硅氧烷/二甲基硅氧烷共聚物获自 Gelest Inc. of Tullytown, PA。乙烯/丙烯酸甲酯(38/62)共聚物和乙烯/丙烯酸甲酯/丙烯酸丁酯三元共聚物获自杜邦公司,但是本文所用的乙烯/丙烯酸甲酯共聚物是实验级的。

[0039] 用熔体传递法或用溶液涂布法使织物浸渍聚合物,以作防弹、拔出和其它试验。为溶液涂布,溶液含约 5 ~ 20 重量%聚合物,其余是溶剂。把聚合物溶液分散在织物上,然后让溶剂挥发掉。浸渍可以用刷、喷、浸等方法进行,以使高粘度粘合剂溶液与高性能纤维结构接触。用所加聚合物溶液的体积来控制如来自杜邦的 Kevlar®牌织物的聚芳酰胺织物内的最终添加剂百分含量。

[0040] 纤维拔出试验在 Instron 上进行以探测由润滑剂和粘合剂对织物表面处理所产生的纱线摩擦改进。该试验把摩擦看成是把 840 旦聚芳酰胺单丝被从 100mm 宽被夹持单层织物中拔出所受到的阻力,如 Bazhenov, S., Dissipation of Energy by Bulletproof Aramid Fabric(防弹芳族聚芳酰胺织物的能耗), J. Mat. Sci., 32, 1997, 4167 所述。在 Instron 或其它测力设备上主要记录拔出单股聚芳酰胺纱所需的最大力。

[0041] 进行防弹试验是为了发展适用的材料来减少背面形变,以满足国家司法机构对马格南左轮手枪 0.357 铜套铅弹的 II 级防护。作背面形变试验的方法一般是冲击背靠粘在土床上的多层聚芳酰胺织物板并测量因约 1425 英尺/秒标准射击速度的射弹事件所产生的刻痕深度(单位 mm)。

[0042] 样品织物具有用 840 旦聚芳酰胺纱构成的平纹结构,标准面重为 5.8 盎司/码²。

[0043] 把 21 层 15 英寸 × 15 英寸见方的这种层,用胶带固定住板边后,用聚芳酰胺缝纫

线以“X”花样缝合起来。除非另有说明,21 层中有 10 层已用液体聚合物粘合剂处理过并放在紧挨粘土床的部位。

[0044] V_{50} 定义为一半射弹被完全终止而另一半射弹穿透板的临界速度,单位是英尺/秒(ft/s)。在以下实施例中,正如可应用的那样, V_{50} 是对背靠粘土床的板测定的。

[0045] 实施例 1-2 和对比实施例 A-B

[0046] 聚丙烯酸乙酯(PVP)的浓度对纤维拔出的影响在聚芳酰胺织物上测定。PVP 获自 Scientific Polymer Products Inc. of Ontario, NY。摩擦与拔出力相关且随浓度大幅度增大,即使在表 1 所示的较低浓度下。表内 PVP 的重量百分数以添加剂干重与聚芳酰胺织物的重量之比为基准计算。

[0047] 表 1

[0048]

实施例	Wt. %	最大力(N)
对比 A	0	6
对比 B	1	6
1	4	30
2	7	55

[0049] 实施例 3-5 和对比实施例 C

[0050] 如上表所示,对于基础重量为 ~ 0.84 磅/英尺²(psf)的聚芳酰胺织物浸渍了最多 10 重量% PVP 液体粘合剂的体系来说,中等程度的摩擦增加对改善背面形变(BFD)有作用。在实现这一点的同时又保留甚至提高了抗射弹穿透性,如表 2 中 V_{50} 所测定。

[0051] 表 2

[0052]

实施例	Wt. %	BFD	V_{50}
对比 C	0	44	1430
3	8	36	1480
4	10	34.6	1480
5	15	失败	1360

[0053] 如表 2 所示,当 Kevlar[®]织物中含有约 8 $\sim$ 10 重量%添加剂(PVP)时,具有良好的抗射弹穿透性和 BFD。但是 15 重量%的浓度却因高摩擦而降低了抗射弹穿透性。

[0054] 对比实施例 D-F

[0055] 用基础重量为 1.26 磅/英尺²(psf)的 Kevlar[®]聚芳酰胺织物浸渍含有乙烯基酯硬树脂基体的固体粘合剂制成对比实施例。

[0056] 表 3

[0057]

实施例	Wt. %	V_{50}
对比 D	0	1580
对比 E	20	1200
对比 F	30	1120

[0058] 如表 3 所示,随基体树脂浓度的增加, V_{50} 几乎普遍下降。

[0059] 实施例 6-10 和对比实施例 G-N

[0060] 用低重量分数下列低玻璃化转变温度聚合物浸渍聚芳酰胺织物:

[0061] 9 重量%和 15 重量%的 PVP(分别是实施例 6 和 7),10 重量%的 PHM(实施例 8),8 重量%的聚丙烯酸异丙酯(实施例 9);8 重量%的乙烯/丙烯酸甲酯(38/62)共聚物(实

施例 10)。

[0062] 用未加入任何聚合物的 21 层聚芳酰胺层作为对比实施例 G。

[0063] 为对比起见,用下列聚合物浸渍聚芳酰胺织物:8 重量%的聚丙烯腈-丁二烯液体(对比实施例 H);9 重量%的聚丙烯酸异丁酯(对比实施例 I);9 重量%的聚乙烯基乙基醚(对比实施例 J)和 8.8 重量%的乙烯/丙烯酸甲酯/丙烯酸丁酯(37/50/13)三元共聚物(对比实施例 K)。

[0064] 还用 10 重量%下列低和很低玻璃化转变温度的聚硅氧烷浸渍聚芳酰胺织物:聚苯基甲基硅氧烷(对比实施例 L);二苯基硅氧烷-二甲基硅氧烷共聚物(对比实施例 M)、聚二甲基硅氧烷(对比实施例 N)。

[0065] 即使硅氧烷之一因其高分子量(即对比实施例 N,聚二甲基硅氧烷,即硅油, $M_w = 94\text{kg/mol}$)而相当粘,BFD 也未见有所改善。

[0066] 如前面已讨论,大于 15 重量%的 PVP 浓度赋予高摩擦,因而导致抗射弹穿透性降低(较低的 V_{50} ,表 2)。

[0067]

表 4

[0068]

实施例	T_g	M_w / 粘度	V_{50}	BFD
G			1390	42
6	-10	$30\text{k}/10^8$	1470	35.1
7	-10	$30\text{k}/10^8$	1340	*
8	-20	$400\text{k}/10^{10}$	1440	36.4
9	-8	$120\text{k}/10^8$	1425	36.5
10	-32	$40\text{k}/6 \times 10^6$	1440	36
对比 H	-37	$8\text{k}/5 \times 10^3$	1370	*
对比 I	-28	$50\text{k}/10^5$	1340	*
对比 J	-35	$100\text{k}/10^6$	1385	*
对比 K	-42	$40\text{k}/10^6$	1375	*
对比 L	-57	$5\text{k}/10$	1420	44
对比 M	-78	$10\text{k}/10$	1420	44
对比 N	-120	$94\text{k}/10^3$	1390	45

[0069] $*V_{50}$ 很低,以致得不到定量 BFD,因为用 1430 英尺/秒的冲击速度试验 BFD 时穿透过多。

[0070] 粘度(单位泊)从高温值外推估计,如前面解释,并一般用四舍五入法进位。但是,对比实施例 L-N 的粘度非常低,因此能在约 20°C 定量测定。制造厂测得对比实施例 H 在 27°C 的粘度是 5000 泊。

[0071] 对比实施例 O-Q

[0072] 不用添加剂制备 840 旦的 kevlar 织物(O)。还用下列固体添加剂制备织物:9 重量%的聚氨酯(溶剂涂布)固体、12 重量%的交联弹性 Surlyn®(熔体涂布)固体(P)、结晶(Q)。Surlyn®获自杜邦。

[0073]

表 5

[0074]

实施例	T_g	V_{50}	BFD
O		1390	40.6

P	-70	1370	31
Q	-50	1300	n. d. *

[0075] * 所有射击都穿透了板,所以无法测定 BFD。

[0076] 表 5 中用固体粘合剂的结果证明在较低质量分数下高刚度导致较差的抗射弹穿透性(较低的 V_{50})。这类体系也比用液态粘合剂处理的那些刚性高得多,因此穿起来更不舒服。