

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷
F41H 1/02 B32B 7/02
B32B 27/20

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99802326.4

[45] 授权公告日 2002 年 10 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1093629C

[22] 申请日 1999.1.18 [21] 申请号 99802326.4

[30] 优先权

[32] 1998.1.22 [33] DE [31] 19802242.5

[86] 国际申请 PCT/EP99/00258 1999.1.18

[87] 国际公布 WO99/37969 德 1999.7.29

[85] 进入国家阶段日期 2000.7.21

[73] 专利权人 阿克佐诺贝尔公司

地址 荷兰阿纳姆

[72] 发明人 A·费尔斯 C·博特格 W·波利格凯特
S·纽 C·克林格斯波尔

[56] 参考文献

EP0499812 1992. 8.22 _

GB2090725 1982. 7.21 _

GB2235929 1991. 3.20 _

JP62062198 1987. 3.18 _

WO9603277 1996. 2. 8 _

WO9603277 1996. 2. 8 _

WO9721334 1997. 6.12 _

审查员 邹涤秋

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

代理人 刘明海

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 0 页

[54] 发明名称 防刺和防弹服

[57] 摘要

防止刺戳伤害的防护服由一个以上涂有刚性固体的织物层构成。按磨料行业的方法施涂刚性固体。此防护服对刀状和针刺状刺戳器械都能提供同样好的防护作用。对旨在防止刺戳和射弹伤害的着装而言,2-20 个涂有刚性固体的织物层的组合体与 6-50 个未涂覆的芳酰胺织造织物层的组合体进行复合。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 防护服，特别是防止刺戳和/或射弹伤害的着装，它由多层经高强度材料制成的织物构成，其中以刚性固体层涂覆一个以上的层，借此将刚性固体嵌入酚醛树脂、尿素树脂、交联或非交联型胶乳、环氧树脂或聚丙烯酸酯树脂中，涂有刚性固体的织物在涂覆处理后进行柔化。

2. 权利要求 1 的防护服，其特征在于涂有刚性固体层的层是着装的外层。

3. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于它含有 2-20 个涂有刚性固体层的织物层。

4. 权利要求 1 或 2 的防护服，特别是兼具防刺和防弹功能的防护服，其特征在于它含有 6-50 个未涂覆的芳酰胺织造织物层以及一个以上涂有刚性固体层的织物层。

5. 权利要求 4 的防护服，其特征在于它含有 6-50 个未涂覆的芳酰胺织造织物层以及 2-20 个涂有刚性固体层的织物层。

6. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于将涂有刚性固体层的层构造成可拆解的组合物。

7. 权利要求 1 的防护服，特别是防止刺戳伤害的防护服，其特征在于其防护层仅由涂有刚性固体的织物构成。

8. 权利要求 7 的防护服，其特征在于在涂有刚性固体的层之下、朝着着装者的一侧含有垫层。

9. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于涂有刚性固体层的层其基材是一种由芳酰胺、高强聚烯烃或其它高强度材料制成的织物。

10. 权利要求 9 的防护服，其特征在于这类织物是由芳酰胺纱线、以凝胶纺丝工艺织就的聚乙烯纤维纱线或者是其它高强纤维纱线制成的织造织物。

11. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于涂有刚性固体层的织物在刚性固体一侧有一薄层聚合物材料。

12. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于刚性固体层由碳化硅、

高质量熔法氧化铝、标准刚玉、二次熔法氧化铝、锆刚玉、碳化钨、碳化钛、碳化钼、碳化硼、氮化硼或这类刚性固体的混合物组成。

13. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于刚性固体的平均颗粒直径为 10-500 μm 。

14. 权利要求 1 或 2 的防护服，其特征在于涂有刚性固体的织物其厚度为 0.1~1.5mm。

说明书

防刺和防弹服

发明领域

本发明涉及防护服，特别是防止刺戳或射弹伤害的服装，由多层经高强度材料制成的织物构成。

背景技术

在执勤行动中，警察及其它保安团体不仅会遇到射弹伤害的危险而且还会受到日益增多的刀、匕首和其它刺戳器械的攻击，其通常的特性就是针刺状。普通的防弹背心无法充分满足警察部队对最终安全性的需求，它一般是这类集体中个人标准装备的一部分，因为这类背心不能有效地防止刺戳的伤害。

基于此原因，已经研发出主要是旨在针对刺戳伤害提供防护的特殊防护服。而且，也尝试过制造能防止射弹和刺戳伤害的着装。尽管许多举措并可符合警察部队的需要，在要求动作灵活度较高的情况下其适用性很差，因为它们笨重且一般缺乏柔软性。

而且，警察部队要求防护服不仅能防止刀、匕首以及类似刺戳器械的伤害，并且也能针对攻击警察时有时也采用的针刺状刺戳器械。

虽然已提出过许多的解决方案来制造防刺服，主要涉及全部或部分应用了芳酰胺织造织物，但没有一个是完全令人满意的。

比如 GB-A 2 283 902 描述了由芳酰胺织造织物制成的防刺服，其表面上附着有金属板。这种着装穿起来很不舒服，因为它无法提供所需的柔软性并且还迫使着装者必须适应它的重量。实施方案类似的防护服在 WO-A 91 - 06 821 中有述。

在 DE-C 4 407 180 中，提出对防刺服采用嵌入聚氨酯基体中的金属插件。金属插件的形式是钢链的网状结构。这类防刺服的缺点是仅对刀刃型刺戳器械如刀、匕首等提供良好的防护，但无法适应顶端锋利的针刺状器械。

US-A 4 933 231 描述了一种由脂肪族聚酰胺高强纤维制成的内含发泡塑料的致密织造织物，此织物似乎特别适合于切割防护型着装。此实施方案不能提供保安团体所需的刺戳防护功能。

EP-A 224 425 提出的防刺服也是如此，它是由芳酰胺纤维的编结织物制成的。此时的刺戳防护性能同样不很充分。所给出的编结织物更适合用来防护切割。

US-A 5 308 689 描述了一类特别值得注意的防刺服，意在通过采用由致密型织造织物制成的所谓的气候膜进行制造。这里所给出的实施方案无法提供充分的防刺性能。

W0 92 - 08 094 描述了由排列在织物基体上的多层玻纤增强塑料板构成的防刺服。由于缺乏柔软性, 这类防护服不能赋予穿着所需的舒适性。

而且,在许多的实施方案中都对防刺和防弹功能兼备的防护服有过多种提议。

比如, US-A 5 562 264 提出采用由极细纱线制成的超致密织造织物。意在以类似的方式对刺戳和射弹伤害提供防护。这种解决方案并不令人满意, 因为织物的制造非常昂贵而且高密度织制会造成纤维受损, 主要会引起对射弹原有特性的降低。而且, 此实施方案中的刺戳防护性能不足以满足所有国家的规格。

在 DE-A 4 413 969 中，提出了由多层金属箔制成的防刺服。多层芳酰胺纤维织造织物进行复合，也能获得防弹功能。除了金属箔成本较高以外，因为其柔软性较差所以这类防护服穿起来舒适性也不令人满意。而且穿着时由金属箔产生的沙沙作响让人感觉很不适应。防刺服的类似实施方案可参见 EP-A 640 807，提出了以金属箔窄条制造的织物。

EP-A 597 165 描述了一种比如由芳酰胺纤维制成的织造织物的组合体，利用热塑性基体树脂成型为板片。此结构刚性较大不能提供所需的穿着舒适性。

在 W0 97 - 21 334 中, 提出以涂有热塑性树脂的芳酰胺织造织物

作为防刺和防弹功能兼备的防护服。此实施方案无法以可接受的质量范围开发出能满足所有国家保安团体需要的防刺服。

根据 DE-A 4 214 543, 由彼此可替代的金属板构成防刺层并形成防护服的外层, 就能制造出旨在提供兼具防刺和防弹功能且同时能抵御冲击的着装。其下是意在防弹的织物组合体。此防护服也暴露出金属板的常见缺点: 柔软性差且质量较大, 因此对穿着舒适性有不利的影

响。DE-U 94 08 834 中提出以芳酰胺纤维纺织物与金属网交替叠合的多层组合体用来兼防刺戳和射弹。此实施方案的缺点是防护针刺状器械的能力较差。

WO 96 - 03 277 所描述的防护服含有至少一层经等离子喷涂而涂有一层陶瓷的织物。虽然此类防护服对刺戳和射弹伤害具有良好的防护作用, 但是由于采用了等离子喷涂工艺, 制造起来太复杂而且从成本角度而言也是不经济的。而且因为等离子体的高温, 陶瓷层的应用会造成陶瓷粒子因熔结而部分熔化, 从而对刺戳器械的防护作用会受到一定程度的影响。而且, 耐磨性也存在一些问题。

已提出过防护服使用磨料。比如根据 GB-A 2 090 725, 如果抗冲击组合体的外层中含有磨料如氧化铝、碳化硼等, 对射弹的防护作用就有可能提高。试验表明, 这类材料层对防弹效果并没有什么有利的影响。采用所提出的实施方案能将防刺性能提高到什么程度从文献中无法得知。而且也没有有关磨料量或者是制造此类防护层的工艺的任何信息。

根据 US-A 5 087 499 的提法, 将极薄的磨料层施涂到芳酰胺纱线上并随后进行纤维化。这么做的目的主要是通过外科的方法对刺戳伤害提供防护。文献中公开的极薄层对由刀所造成的伤害根本起不到任何防护作用。

非事先公开的 WO 98/45 662 公开了一种防刺材料, 由涂有固体粒子的基体构成, 粒子排布在织物构造的组合体之上。此涂层由直径 0.1~3mm 的磨料粒构成, 并且织物构造的组合体其厚度大于 1.5mm。根据 WO 98/45 662, 也可采用多层涂覆的基体。只是, 将固体粒子以沥青类或含有聚氨酯的粘合剂施涂到基体上。

即使是采用现有技术的磨料,所述的实施方案也无法使能对刺戳和射弹伤害提供有效防护作用的保安团体用防护服的制造成为可能。

一种用于防弹和防刀具服装的材料从 JP-A-62 062 198 的德温特 (Dewent) 摘要 87-118863 中已知, 其中硬质陶瓷粒子以 $200-800\text{g/m}^2$ 的量粘合在一层或多层的芳香族聚酰胺纤维织造织物上。使用诸如环氧树脂的粘合剂, 这些层被层合到由芳香族聚酰胺纤维织造织物制的层合材料的内层或外层。尽管这种衣服适于防刺和防弹作用, 但太硬挺并因此缺乏好的穿着舒适性。

发明内容和具体实施方式

基于此原因, 所要实现的目标就是研发出不仅能对由刀、匕首、和特别是针刺状刺戳伤害造成的刺戳伤害提供与现有技术的防刺服所能达到的相同的防护作用, 而且, 在确保良好的防护作用的同时还改善了穿着舒适性。

令人惊奇地发现, 可通过一个特别有利的方式达到此目的, 如果包含多层的防护服有一个以上的层涂有刚性固体层的话, 借此刚性固体嵌入酚醛树脂、尿素树脂、交联或非交联态胶乳、环氧树脂或聚丙烯酸酯树脂中, 并且涂有刚性固体的织物在涂覆处理后柔化。

防止刺戳和射弹伤害的着装一般由多层构成。现有的着装层数各不相同。层数的选择取决于各种因素比如所需的防护作用、所需的穿着舒适度、着装成本等。一般地, 层数要尽可能低但要高至足以能满足防护需要。

防刺和防弹服的防护层一般是由高强材料织物制成的。织物优选纺织织物, 并特别优选织造织物。但是, 除织造织物外, 其它织物如编结、非织造织物、线组等也可采用。

非纺织织物包括特别是膜、箔或发泡塑料薄层。

高强材料显示出很高的强度并对射弹和刺戳器械的破坏具备良好的防护作用。主要是成型为纤维的聚合物。

制造本发明防护服的防护层所优选采用的材料是芳酰胺纤维、经凝胶纺丝工艺纺丝的聚乙烯纤维、聚酰亚胺纤维、聚苯并噁唑纤维、全芳香聚酯纤维、高强聚酰胺纤维、高强聚酯纤维以及性能类似的纤维。特别优选芳酰胺纤维。

芳酰胺纤维, 一般也称为芳香族聚酰胺纤维, 在防护服中经常采用。它们是由聚酰胺制成的纤维材料, 主要是通过芳香族酸或酰氯与芳香族胺的缩聚反应形成的。特别常见的芳酰胺纤维由聚-对-亚苯基对苯

二酰胺构成。此类纤维市面有售，商品名比如 Twaron。

然而，芳酰胺纤维并不限于仅从芳香族酸或胺成份构造而来的纤维。而且，它们也包括纤维材料，其聚合物中芳香族酸和芳香族胺的百分数超过 50%并且除此之外在酸和/或胺的百分数中还含有脂肪族、脂环族或杂环族化合物。

对制造本发明防护服的防护层所优选采用的织造织物而言，优选的芳酰胺纤维的存在形式是长丝纱线或短丝纱线。优选长丝纱线。短丝纱线也包括经由丝束直接成条截断工艺制造的纱线。

所用纱线的纤度是 200~3400dtex，优选 400~1500dtex。长丝的纤度一般在 5dtex 以下，优选小于 1.5dtex。

织造织物优选按布纹纺织法制造。但是，其它的纺织法如席纹或斜纹法也是织物制造可选的。

织物密度取决于所用纱线的纤度以及防护层用织物所需的单位面积质量。这些织物的单位面积质量应该是 50~500g/m²，优选 100~300g/m²。

于本发明防护服适用的一例织物，以布纹纺织法由纤度为 930dtex 的纱线制成。此时织物密度为经纱和纬纱 10.5/cm。在这种纺织密度下，得到单位面积质量约为 200g/m² 的织物。要明白这里所给出的数据仅仅是例示性的且不构成限制。

合成纤维一般含有从纤维制造工艺残留的润滑剂，而且它对织物制造过程中纱线的研光质量有正面影响。在进行后续加工之前，比如制备过程中为施涂刚性固体层所做的涂覆工作，从大功率织布机上下来的织物，即处于织布机状态，经洗涤处理。此处理过程通常在全宽洗涤机上进行，但是纺织整理工业已知的其它全宽洗涤设备也可采用。洗涤条件比如温度、处理时间及洗涤浴中的添加剂，对熟练的技术人员而言是已知的。选择洗涤条件以便经此处理之后润滑剂的残留量小于 0.1%。最后，织物进行干燥，一般在干毡机架上。

旨在形成本发明防护服中实际的防弹层，并且不施以刚性固体涂层的织物就能以此形式应用。在许多情况下，洗涤处理之后是疏水化处

理，比如采用聚合物或可聚合的氟碳化合物。

洗过的织物是刚性固体涂层所优选的，但采用织布机态，即未洗涤的织物也是可能的。在刚性固体涂层的一个制备步骤中，为织物施涂一个打底层。这是必要的，为的是避免随后施涂的、引入刚性固体所需的粘合剂涂层渗透到基体织物中。

打底层可采用多种不同的产品。例子如酚醛树脂、尿素树脂、交联或非交联态胶乳、环氧树脂或聚丙烯酸酯树脂。除了分散的树脂或树脂的预聚体之外，打底层混合物也含有 30%~70%比例的填料。填料的例子是碳酸钙。

施涂打底层直至遮盖率为 $40-100\text{g}/\text{m}^2$ 。涂层混合物中所含的液体蒸发之后，织物上保留约 $30-75\text{g}/\text{m}^2$ 。

一般地，打底层涂过之后就是中间的干燥步骤，比如在温度 100°C 。但也可能的是，湿对湿，即不经中间干燥步骤就施涂后续的主体涂层。

对主体涂层而言，前面对打底层所讨论的化合物类型是适宜的。发现酚醛树脂是主体涂层优选选用的。但是有赖于所求目标的不同，底和主体涂层所用的产品要顺应不同的需要。打底层用的产品必须能形成密实且优选弹性的膜，以防止主体涂层随后渗透到基材中去。另一方面，构成主体涂层的产品其基本的特性就是理想地引入刚性固体。

主体涂层中同样有一定百分数的填料，其量可占粘合剂总量的 20-50%。主体涂层的施涂量湿态为 $90-150\text{g}/\text{m}^2$ 。干燥后，主体涂层粘合剂的量是 $60-120\text{g}/\text{m}^2$ 。

刚性固体就是硬度高的无机材料，比如在磨料的摩擦层中也采用的。例子是碳化硅、刚玉（氧化铝）、碳化钨、碳化钛、碳化钼、锆刚玉（熔融刚玉，含 40%的氧化锆）、碳化硼或氮化硼。用不着将所有的刚性固体都列出；这只是一个例示且不构成任何限制。优选采用碳化硅和/或刚玉以形成刚性固体层。

所述的材料优选单独使用，但是不同刚性固体的混合物也可采用。

刚性固体能以各种形式应用。优选所谓的块和尖角形式。前者优选圆的粒子。其优点是能实现高的堆积密度。然而，刚性固体粒子的形

状只有在粒子直径较大的情况下才重要。对于较小的直径而言，很少会注意到粒子形状的不同。

在施有粘合剂层的基体上借助施用磨料时所常用的方法施用刚性固体。

静电法中，利用静电场进行施涂。刚性固体粒子在场内沿静电场的通量线取向并且沿着这些线移动到相反电极。摩擦技术中利用刚性固体粒子在静电场中的运动，即已施有打底层和主体涂层的基体层沿着高位电极穿过静电场运动。基体涂覆的一侧面对相反电极。位于低位电极的刚性固体粒子在静电场中朝着相反电极向上运动并粘附在基体的粘合剂层上。

电极优选盘状电极，但直线或尖电极也可采用。

本发明防护服所用的涂有刚性固体的织物，优选通过重力撒播法进行制造，因为此法能使获得高密度的刚性固体粒子成为可能。

除了磨料制造行业中一般进行的热空气干燥以外,也可采用其它的

工艺来硬化粘合剂膜，比如利用电子束、微波、紫外线等。

制造本发明涂有刚性固体的织物时，可能还要进行刚性固体层表面封涂的工作。此时，将一薄层弹性聚合物施涂到刚性固体层上，比如喷涂以弹性体的分散体。另一种可能是用到辊子。这里，辊子穿过含有待施分散体的贮液槽前进。离开槽后，比如以刮刀刮掉所携带的过量的分散体，于是在施涂辊子上形成薄层以便转移到刚性固体层上。

以与粘合剂层类似的方式实现封涂层的硬化，优选通过干燥处理。

在最后的收尾步骤中，进行柔化步骤。柔化就是通过机械手段将坚硬的表层在一定程度上折断，最终在基材上生成粘合剂层的小岛，包括层中粘附的刚性固体粒子。涂有刚性固体的基体因柔化而致的柔软性可能得益于由此而在粘合剂层中形成的细裂纹结构。所需的柔化条件和设备是粘合剂行业已知的。

优选采用交叉柔化法，即同时在织物的横向和纵向方向上进行柔化处理，来制造涂有刚性固体的织物。

柔化处理赋予用于本发明防护服的涂有刚性固体的织物以良好的弹性，表明其本身对着装的穿着舒适性是非常有利的。

涂有刚性固体并以所述方式制造的织物其厚度为 0.1 ~ 1.5mm，优选 0.2 ~ 0.8mm，有赖于所用刚性固体的直径。

采用纺织工业中测定织造织物已知的方法进行刚性固体层厚度的测定。这里，首先测定未涂覆织物的厚度，然后是涂有刚性固体的织物。按 DIN 53 353 进行测定。厚度差即为刚性固体的厚度。

涂有刚性固体且按所述方式制造的织物可用于对刺戳伤害提供防护或对刺戳和射弹伤害兼具防护功能的着装。所用的织物优选仅在一侧涂有刚性固体。但是，也可采用两侧涂覆的织物。

目的仅在防护刺戳伤害的着装由一层以上，优选 2-20 层，特别优选 6-15 层的涂有刚性固体的织物制成。此时，多层叠合并切割成着装所要求的形状。比如通过切割片中心处每条宽约 10cm 的两个交叉而成的接缝，达到各层相互增强的效果。层增强的另一种可能是点状施用粘合剂。

基本之处是各层间不存在硬结合点并且各层保持活动自如。

但是，已提到过在无需相互增强的情况下也能将这些层引入到防护服中去，因为涂有刚性固体的织物同未涂覆的织物相比，其各层的活动能力较差。假定而言，刚性固体层，尤其是涂有刚性固体的邻层中的还有未涂覆层中的，会因 Velcro(R)效应而产生粘附作用，从而大大减少了滑动。如果采用织造或编结物等纺织物来作为涂有刚性固体的基材的话，情况尤其如此。对织造和编结织物来讲，存在着不为纱线所占据的间隙。相邻层的刚性固体可透过这些间隙并逐渐在其中附着。对表面基本完全封闭的膜片而言，这不是可能的，或者是只在一定程度上可能。

涂有刚性固体的织物，组装成 2-20 层的组合体并切割成着装所需的形状，装入一个由 PVC 或热塑性聚氨酯片制成的封套并封在里面。除了膜片以外，比如涂有易熔聚氨酯层并由聚酰胺纤维制成的织造织物也可采用。此时，涂覆的一侧在内侧。

然后将由此形成的组合体放入棉织造织物或聚酯—棉混合纱织造织物的面罩中。此时可采用由粘胶纤维和间-芳酰胺纤维制成的混合纱线。对织物在穿着时能看到的一侧进行染色或印色。尤其要注意的是，由涂有刚性固体的织物构成的实际防护组合体，要易于取出以便能够不费力地清洗，特别是面罩。

对于目标仅为对刺戳伤害提供防护的防护服而言，可在实际的防护层之下靠近身体一侧加上一个垫层。此垫层必须由可压缩的材料制成。对此适宜的是发泡塑料、毡、缝合毡、非织造织物的多层叠合、起绒织造物、针织品等。当遇到刀等刺戳器械时，这些垫层会起到缓冲作用有助于减小器械的穿透力。而且，遇到刺戳器械时能在一定程度上缓冲作用在身体上的压力。

对垫层的制造而言，优选纺织物，并且特别优选由高强纤维制成的缝合毡或非织造织物。芳酰胺纤维在这里是特别适宜的。除了前述的缓冲作用以外，它们对刺戳也能提供额外的防护作用。

涂有刚性固体的织物在防护服中优选排布成使刚性固体层处于远离

层不涂有刚性固体的芳酰胺织物制造出实际的防弹组合体。将组合体密封成膜片封套。

除此之外，从 2-20 层涂有刚性固体的织物制造出组合体并且也密封成膜片封套。

为了对两种组合体都适合，比如将染色或印色的聚酯—棉织造织物制成面罩。然后给织物面罩加上一个 Velcro(R)型的系带或拉链，以便两种组合体或二者之一的插入和取出操作都能简化。

如果现在要求防护服兼具防刺和防弹功能，比如可将两种组合体一起插入封套中，并最终形成防弹背心的外层。实际的防刺组合体，即由施有刚性固体的织物制成的组合体，其优选的排布方式是，将其置于远离着装者的一侧，即最早遭受攻击的一侧。

如果无需防刺功能，且推断只可能受到射弹威胁，取出由涂有刚性固体的织物制成的实际防刺组合体，而且防护服就只采用未施涂刚性固体涂层的芳酰胺织造织物的组合体。

如果推断只可能受到刺戳伤害的威胁时也采用类似的手法。此时，由未涂覆的芳酰胺织造织物制成的防弹组合体从着装中取出，而防护组合体就仅由涂有刚性固体的织物构成了。此时可行的是向防护服中在先前由防弹组合体占据的位置处再插入一个垫层。按前述方式设计的垫层，也处于比如由膜片制成的封套中，以确保简化垫层的插入或取出操作。

目前还弄不太清楚刚性固体层在遭遇刺戳器械时的反应。试验中记录的结果表明，刚性固体对刀等刺戳器械的抵抗能力相当高，以至于器械在遇到第一个防护层时有点向侧面偏离。接着是由刚性固体层基体所产生的抵抗力，要求其必须由适宜的材料如芳酰胺纤维构成。刚性固体层与基体的复合作用使得刺戳器械施加在防护服上的能量减弱。因为刺戳器械必须穿透多层，并且每层中都会造成能量的减弱，所以最底层中的刺戳能量不足以使器械穿透并进入身体。

另外一种效果可能得益于刀刃的锋度因沿着刚性固体粒子穿行而下降的事实。这会降低穿透下层的概率。边缘锋利的刚性固体粒子似乎

以特别有利的方式在起作用。

防护作用显示出对刚性固体粒子平均颗粒直径的依赖性。经证明适宜的直径范围是 $10\text{--}500\mu\text{m}$ 。优选范围 $20\text{--}200\mu\text{m}$ ，并特别优选范围 $25\text{--}150\mu\text{m}$ 。

在磨料行业中，比较常见的是以颗粒度系数对刚性固体进行分类。FEPA 的 P 200 颗粒度系数，比如对熔融法氧化铝或碳化硅而言，就相当于平均颗粒直径 $66\mu\text{m}$ 。当然，颗粒直径有其波动范围。在所引的平均颗粒直径 $66\mu\text{m}$ 的例子中，其波动范围一般由一个标准分布确定，可能是 $40 \sim 90\mu\text{m}$ 。

已经证实，低于约 $10\mu\text{m}$ 的小的平均颗粒直径无法再将所需的防护作用发挥到所需的程度，因为小的刚性固体粒子按前述方式起作用的能力只有一点点。但是，约 $10\mu\text{m}$ 的所述之限并不是普适的。有赖于刚性固体层的总厚，会产生相对于一侧或另一侧的错位。但令人惊奇的是经测定，同中间范围的相比，超过 $500\mu\text{m}$ 的较大平均颗粒直径所能提供的防刺作用也好不到那里去。可能的解释是，刚性固体对基材的遮盖度粗粒子不如细粒子均匀，以至于从总体而言，会造成更大部分的基材表面不能为刚性固体所完全覆盖，使得刺戳器械穿过刚性固体和基材却不具备明显的阻碍作用的概率相对提高。

防刺性试验参照 Münster, Germany 的 the Research and Development Center for Police Technology 进行。此时, 以双尖刃且质量为 2.6kg 的匕首进行刺戳。测试刃必须以 35J (相当于下落高度 1.35cm) 的能量作用在受测物体上。在进行每个刺戳试验之前, 将膜锂皂脂均匀施涂在测试刃上。

作为背体材料的蜡泥料块放在测试物体之后。刺入或向块内凸入的程度是评估防刺性能的指标。根据德国警察的规定, 刺穿在 20mm 以下或凸入在 40mm 以下的防刺材料适于保安团体装备。

除了以刀状器械进行刺戳试验外，也以针刺状刺戳器械进行试验。此时采用了冰尖，它在美国标准中用于刺戳试验。测试刺戳器械是否停留或刺穿样品。

性聚丙烯酸酯树脂的分散体中添加 45%的碳酸钙作为填料。选择预涂覆的量，以便湿态时施涂量是 $70\text{g}/\text{m}^2$ 。干燥后，织物上保留了 $53\text{g}/\text{m}^2$ 的施涂量。于 100°C 干燥之。

随后，进行实际粘合剂涂层的施涂工作，为此采用了酚醛树脂预聚体且含填料的分散体。树脂量 70%，填料（碳酸钙）量为 30%。选择粘合剂层的体积，以便湿态时粘合剂的量是 $121\text{g}/\text{m}^2$ （干态为 $90\text{g}/\text{m}^2$ ）。将此法制备的织物输送至撒播区，在其中施以平均颗粒直径为 $66\mu\text{m}$ ，相当于颗粒度系数 P 220 的碳化硅粒子。随后在温度 130°C 进行粘合剂膜的硬化。然后，对涂有刚性固体的织物进行交叉柔化处理。

将由此制造的涂有刚性固体的织物进一步加工成防护背心用切割型片。这些切割片中，经叠合而组装出三个组合体，按照

- a. 8 层（总量约为 $3600\text{g}/\text{m}^2$ ）
- b. 10 层（总量约为 $4450\text{g}/\text{m}^2$ ），以及
- c. 12 层（总量约为 $5300\text{g}/\text{m}^2$ ）

由此制造的防刺组合体按前述方式着手匕首的刺穿试验，进行三个独立的试验。得到如下在蜡泥料层中的刺穿深度数据：

- a. 14mm
- b. 6mm
- c. 0mm

因此所有情况都能满足刺穿深度不超过 20mm 的特定要求。

为测试对针刺状刺戳器械的抵抗能力，10 层涂有刚性固体的织物按前述方式进行叠合。28 层未处理的织物排布在这些涂过的层之下。下落质量用 7027g，当刺戳器械的下落高度为 50cm 时（刺穿能量 35J）才观察到很轻微的刺穿现象。

为了对比，以 28 层未涂有刚性固体的织造织物进行同样的试验。此时，下落高度仅为 1cm（刺穿能量 0.7J）时就能观察到清晰的刺穿现象。即使将层数增至 38 也不能得到明显的改进效果。此时也一样，在 0.7J 的低刺穿能量等级下就产生明显的刺穿现象。

为了进行针刺状刺戳器械的另一个刺穿试验，将下落质量减为

2403g. 再把 10 层涂有刚性固体的织造织物组装成组合体, 其下附加以 28 层未涂覆的织造织物, 并进行刺穿试验。下落高度 10cm (刺穿能量 2.3J) 时没有观察到刺穿现象。下落高度增至 90cm (刺穿能量 21.2J) 时并未造成刺穿。仅在下落高度为 100cm (刺穿能量 23.6J) 时才产生轻微的刺穿。

此时也以未涂覆织造织物的组合体进行对比。在 28 层的组合体中, 下落高度为 10cm (刺穿能量 2.3J) 时产生明显的刺穿。层数增至 38, 在此能量等级内仍会造成刺穿。

这些对比结果表明, 不仅从刀状器械而且主要也从针刺状刺戳器械威胁的角度而言, 本发明的防护服能得到出人意料显著改进的防护效果。

因为本发明的防护服不仅从刺戳而且还从射弹伤害方面提供防护, 所以一个防护组合体是由 10 层涂有刚性固体的芳酰胺织造织物按所述方式构成的。将其放在 24 层单位面积质量约为 $200\text{g}/\text{m}^2$ 的未涂覆芳酰胺织造织物的组合体的前面。于是就形成兼具防刺和防弹功能的防护组合体。这么排布的目的是为了在冲击试验中让实际的防刺层, 即涂有刚性固体的芳酰胺织造织物占据外侧。这就是说在冲击试验中, 射弹首先与涂有刚性固体的层接触。

此组合体 (组合体 B) 按前述方式进行冲击试验。相较而言, 28 层未涂覆织造织物 (组合体 A) 的组合体也进行冲击。得到如下的结果:

组合体结构	冲击速度, m/sec	冲击角, 度°	刺穿深度, mm	完全刺穿?
组合体 A	415	90	31	否
	417	25	17	否
组合体 B	414	90	26	否
	415	25	15	否

此试验表明, 含有本发明类型防刺层、兼具防刺和防弹功能的组合体, 其防弹效果同普通的防弹组合体相比并未降低。