

文章编号: 1000-3851(2013)02-0247-07

软体防刺复合材料的设计与优化

晏义伍¹, 曹海琳^{*1, 2}, 赵金华¹

(1. 深圳航天科技创新研究院 深圳市复合材料重点实验室, 深圳 518057; 2. 哈尔滨工业大学 化工学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 采用模压成型工艺制备了个体防护装备用软体防刺复合材料, 研究了树脂基体种类、纤维织物种类和树脂含量对复合材料防刺性能的影响。结果表明, Surlyn 树脂体系具有优异的防刺性能; 芳纶织物作为增强材料的复合材料穿刺性能优于 UHMWPE 织物; 树脂含量对复合材料的防刺性能也有影响, 当树脂的质量分数为 47% 时, Kevlar/Surlyn 复合材料的防刺性能最优。

关键词: 芳纶织物; Surlyn; UHMWPE; 复合材料; 防刺性能

中图分类号: TB332 **文献标志码:** A

Design and optimization of soft stab resistant armor composites

YAN Yiwu¹, CAO Hailin^{*1, 2}, ZHAO Jinhua¹

(1. Shenzhen Key Laboratory of Composite Materials, Shenzhen Academic of Aerospace Technology, Shenzhen 518057, China;

2. School of Chemical Engineering and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The body armor composites were fabricated by the mould pressing. The influences of resin type, fabric type and resin content on stab resistance of the composites were investigated. The results show that the stab resistance of Surlyn resin matrix composite is better than that of PU resin matrix composites. The stab resistance of Kevlar/Surlyn composite is better than that of UHMWPE/Surlyn composites. Kevlar/Surlyn composite with resin mass fraction of 47% has the best stab resistant performance.

Keywords: aramid fabric; Surlyn; UHMWPE; composites; stab resistant property

防刺服是广泛装备于公安、特警、保安人员等高危职业人群的个体防护装备, 尤其是在枪械管理严格的国家, 更是战勤人员的主要防护装备之一。因此, 先进防刺材料尤其是柔软轻便的防刺材料的开发显得更为重要和迫切^[1-2]。

软体防刺复合材料通常是由高性能柔性防刺纤维织物与热塑性树脂复合而成。这类纤维织物应具有高拉伸性、高吸能性和良好的断裂韧性, 常见的有超高分子量聚乙烯(UHMWPE)^[3]、对位芳纶(Aramid)^[4]以及聚对苯撑苯并双噁唑纤维(PBO)^[5]等高性能纤维织物。软体防刺复合材料所用的基体通常采用耐撕裂性能、耐冲击性能好的热塑性树脂, 如聚氨酯(PU)^[6]、橡胶^[7]、沙林(Surlyn)树脂等。Jessie 等^[8]研究了树脂种类对复合材料防刺性能的影响, 结果表明, 树脂与织物复合后可大大提高材料的防刺性能, 与 PE 树脂相比,

Surlyn 树脂作为复合材料基体具有更好的防刺效果。方心灵等^[9]研究了增强体形态对复合材料防刺性能的影响, 结果表明, 芳纶无纬布复合材料的防刺性能最差, 由芳纶机织布复合材料和芳纶非织造布复合材料交替组合的靶样防刺效果最佳。由此可见, 虽然研究人员对防刺材料及结构进行了相关研究, 但因各种材料体系的特性不同, 尚需针对不同的应用要求, 进行材料设计与防护结构优化研究。

本文中针对个体防护装备用软体防刺材料应用需求, 从复合材料设计入手, 优选材料基体体系、增强体织物种类, 同时进一步研究织物面密度以及复合材料树脂含量等参数对材料防刺性能的影响规律, 并深入分析软体防刺复合材料的防刺机制, 以为轻质、适体防刺服的开发提供试验数据和理论依据。

收到初稿日期: 2012-03-15; 收到修改稿日期: 2012-07-27; 网络出版时间: 2012-12-19 08:55:10

网络出版地址: www.cnki.net/kcms/detail/11.1801.TB.20121219.0855.003.html

基金项目: 深圳市科技计划资助项目(JSF201006300033A)

通讯作者: 曹海琳, 教授, 主要从事复合材料性能设计及开发研究工作 E-mail: caohl@hit.edu.cn

1 实验材料及方法

1.1 原材料

采用 Surlyn、PU 树脂作为复合材料的基体。芳纶和超高分子量聚乙烯织物为增强体。芳纶平纹织物由杜邦公司生产, 商品名为 Kevlar, 面密度为 $200 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。超高分子量聚乙烯织物由湖南中泰特种装备有限责任公司提供, 面密度为 $185 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

1.2 防刺复合材料及靶样的制备

采用热压成型工艺制备复合材料。将增强织物叠放在两层树脂膜之间后放入上下模具间, 在一定的温度和压力下保温保压一定时间, 冷却后脱模即得复合材料片材。

防刺复合材料靶样是将制得的复合材料片材按

一定的结构设计进行叠层复合^[10-11]。本文中设计制备了六种防刺靶样, 以备动态穿刺试验, 具体编号和结构如表 1 所示。其中靶样 C 和靶样 E 中复合材料的树脂质量分数为 47% 和 33%。

1.3 性能测试

单束拔脱力测试: 纤维的抽拔破坏是穿刺破坏时一种重要纤维破坏形式^[12]。目前并没有检测单束拔脱力的标准, 参考对于防弹层的单束拔脱力测量的文献^[11], 把复合材料裁剪成如图 1 所示的形状, 将中间的一根纤维束留出。织物中将丝束从上端固定距离 A 处切断, 利用夹具夹住织物 A 端和 B 端进行拉伸, 测试拉伸的最大力。每个试样进行 5 次试验, 取平均值。

表 1 防刺靶样的结构

Table 1 Structure of stab test targets

Target No.	Structure	Number of layers	Thickness /mm	Area density /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
A	42 layers Kevlar	42	11.8	8.4
B	5 layers Kevlar+21 layers Kevlar/PU+5 layers Kevlar	31	9.1	9.9
C	5 layers Kevlar+20 layers Kevlar/Surlyn+5 layers Kevlar	30	9.0	9.6
D	5 layers Kevlar+22 layers UHMWPE/Surlyn+5 layers Kevlar	32	9.2	9.6
E	5 layers Kevlar+26 layers Kevlar/Surlyn+5 layers Kevlar	36	10.3	9.8

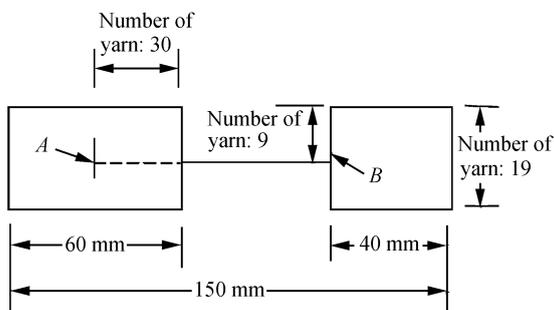


图 1 测试单束拔脱力的复合材料试样示意图

Fig. 1 Schematic of composite sample for yarn pull-out force test

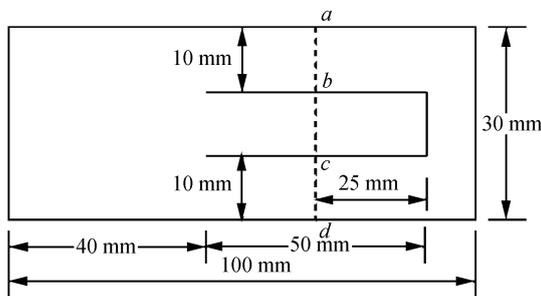


图 2 撕裂强力测试实验复合材料试样示意图

Fig. 2 Schematic of composite sample for tearing strength test

撕裂强力测试: 撕裂性能是评定柔性复合材料性能的一个重要标准。并且织物和复合材料的拉伸断裂强度和撕裂强度具有非常好的相关性和一致性。织物和复合材料的拉伸断裂强度高, 其撕裂强度也高^[13]。参考英国工业标准 BS 3424 method7A 进行实验。试样大小为 $100 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$, 舌宽 10 mm, 试样尺寸如图 2 所示。上夹头夹持舌头 bc, 下夹头(活动夹头)分别夹持住 ab 和 cd。每个试样进行 5 次试验, 取平均值。

动态穿刺性能测试: 复合材料的动态穿刺性能根据公安部 GA 68—2008 防刺服标准的要求进行^[14]。实验设备采用承德市世鹏检测设备有限公司

生产的 AQJZ-300 落锤式冲击试验机。实验采用的刀具与背底材料如图 3 所示。每个防刺靶样进行 3 次试验, 取刺穿深度最深的的数据作为试验结果。

2 结果与讨论

2.1 树脂基体的选择

织物增强树脂基复合材料中的树脂作为基体材料, 起着约束纱线移动, 使载荷有效传递的作用, 因此基体材料的选择对复合材料的防刺性能优化起着重要作用。防刺材料所用树脂基体应具有优良的柔韧性、耐冲击性和抗撕裂性, 并且要与增强织物

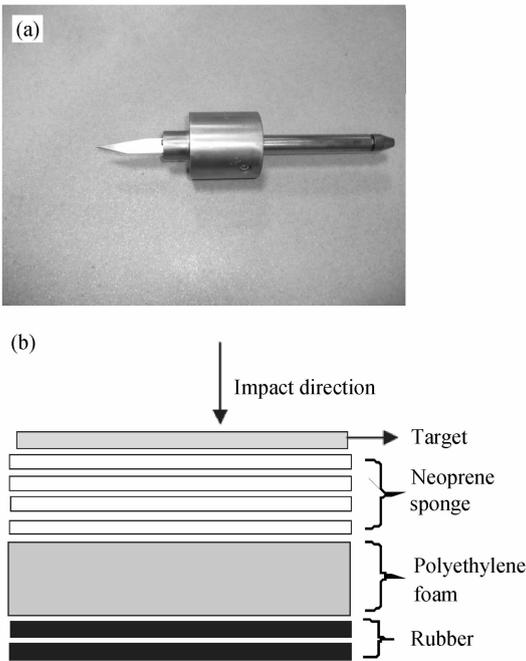


图 3 刀具与背底材料示意图

Fig. 3 Images of knife and backing materials for stab resistant test

有适宜的粘结性能。

基于以上观点, 鉴于 Surlyn 树脂具有良好的抗撕裂性能, 粘结力强; PU 树脂具有良好耐冲击性能。本研究选用了 Surlyn 和 PU 树脂做为基体材料, 分别与 Kevlar 纤维织物进行复合, 制备了防刺用复合材料。两种树脂的基本性能如表 2 所示。可以看出, Surlyn 树脂的断裂强度高, 而 PU 树脂断裂延伸率大, 可见两种树脂各具特色。

表 2 基体树脂膜的断裂性能

Table 2 Fracture properties of resin matrix

Matrix	Film thickness/mm	Fracture strength/MPa	Fracture elongation/%
Surlyn	40	20.7	23.3
PU	30	14.8	27

织物增强树脂复合材料的撕裂强度和单束拔脱力是复合材料的两个重要力学性能指标。通过撕裂强度和单束拔脱力性能分析, 可以间接反映两种复合材料的防刺性能。对 Kevlar/Surlyn 和 Kevlar/PU 复合材料进行断裂强度和单束拔脱力测试, 结果如表 3 所示。可以看出, 与 Kevlar 织物相比, 复合材料的撕裂强度有很大的提高。在相近厚度和面密度的情况下, 两种复合材料的撕裂强度相当, 而 Kevlar/Surlyn 复合材料的单丝拔脱力明显高于

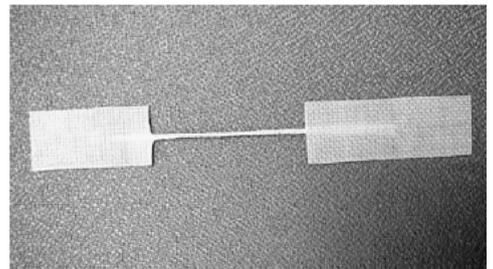
表 3 树脂类型对复合材料力学性能的影响

Table 3 Effect of resin type on mechanical properties of the composites

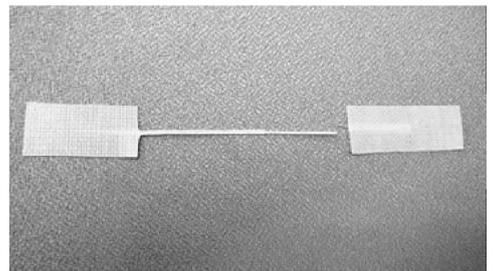
Composites	Mass fraction of resin/%	Thickness/mm	Tearing strength /N	Drawing force/N
Kevlar/Surlyn	47	0.31	537	199
Kevlar/PU	47	0.30	532	169
Kevlar	0	0.28	67	—

Kevlar/PU 复合材料。纯 Kevlar 织物无法制作单束拉拔试样, 所以没有列出数据。

单束拔脱测试试样如图 4 所示, 可以看出织物增强复合材料的单束拔脱力主要与织物和树脂基体间的粘附力有关。粘附力越大则纤维丝束越不容易从基体中拔出。由此可见, Surlyn 树脂与 Kevlar 织物的粘附力高于 PU 树脂与 Kevlar 织物, 有利于纤维与基体树脂的载荷和能量传递。



(a) Before test



(b) After test

图 4 单束拔脱测试前和测试后复合材料试样

Fig. 4 Composite samples before and after the yarn pull-out test

织物增强复合材料的拉伸撕裂则相对复杂。本文中撕裂强度的测试采用舌形法, 测试试样的形状如图 5 所示。首先, 随着拉伸力的增加舌形根部(A、B处)的树脂发生破坏, 当拉伸力超过树脂基体与织物的粘附强度时, 纤维由于与基体发生脱粘, 纤维发生滑移和抽动(C处)。随着纤维的抽动, 在舌形根部形成纤维的聚集区(D处), 成为应力集中作用区, 当应力超过纤维束的拉伸强度时,

纤维发生断裂, 试样破坏。由此可见, 复合材料的撕破强力主要与基体树脂强度、织物与树脂的粘附力, 以及纤维的拉伸强度有关。若树脂基体本身抗撕裂强度高、织物与树脂的粘附力大、纤维的拉伸强度高, 都会提高复合材料的撕裂强力。Surlyn 树脂具有优异的耐撕裂强度和韧性, PU 树脂耐冲击性能好, 所以二者同织物复合会大大提高材料的撕裂强力。由于 Surlyn 树脂与 Kevlar 织物的粘附力高于 PU 树脂与 Kevlar 织物, 使 Kevlar/Surlyn 复合材料的撕裂强力高于 Kevlar/PU 复合材料。

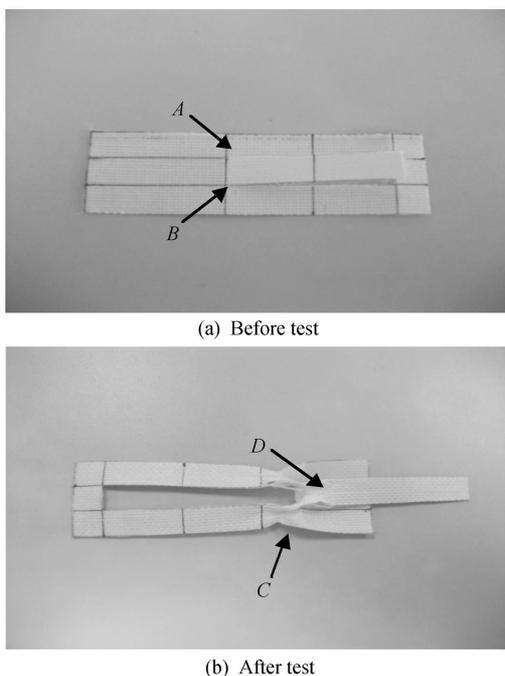


图 5 撕裂强力测试前和测试后复合材料试样
Fig. 5 Composite samples before and after the tearing strength test

采用两种不同树脂基体复合材料组合达到 GA 68—2008 标准防刺要求的靶样 B 和 C, 靶样的防刺测试结果如图 6 所示。可见, 42 层纯 Kevlar 织物叠加组成的靶样(靶样 A)在刀具 24 J 能量的冲击下, 有 40 层出现了穿刺破坏。由 Kevlar/PU 复合材料与 Kevlar 织物组成防刺靶样(靶样 B), 防刺能力得到很大提高, 只需 31 层即可防住同样能量的冲击, 穿透的层数为 30 层。由 Kevlar/Surlyn 复合材料与 Kevlar 织物组成靶样(靶样 C), 防刺能力得到进一步提高, 30 层的靶样即可防住同样能量的冲击, 穿透层数也仅为 24 层。

由纯 Kevlar 织物组成的靶样面密度最低, 只

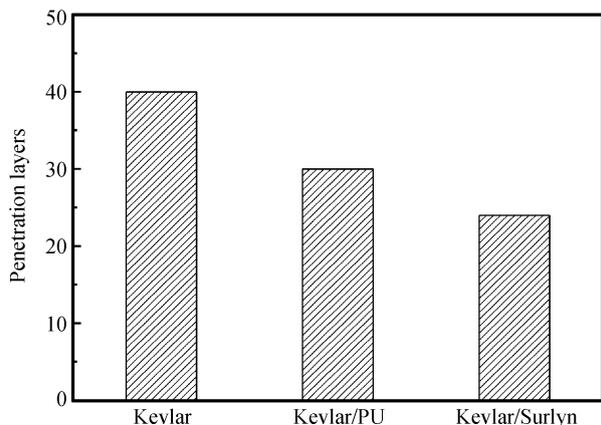


图 6 树脂类型对防刺靶样的动态穿刺性能的影响
Fig. 6 Effect of resin type on stab resistance of the targets

有 $8.4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 有利于防刺服轻量化, 增加了穿着者的舒适度, 但由于层数多, 靶样厚度大, 降低了穿着者的运动自由度。由复合材料组成的防刺靶样, Kevlar 织物的使用量减少了 25%, 靶样的厚度减少约 2 mm, 减薄 20% 以上。此外, 与 PU 复合材料相比, Surlyn 材料体系厚度和面密度可以进一步减小, 有利于材料的应用指标的提高。

2.2 增强织物的选择

纤维增强复合材料体系中的增强体纤维是主要承力结构, 起着承载和传递能量的作用。对于防刺材料用增强织物, 要求具有高拉伸性能和良好的冲击韧性。Kevlar 纤维和 UHMWPE 纤维是两种常用的增强体材料, 本文中对这两种纤维织物形式进行研究, 由于 Kevlar 纤维和 UHMWPE 纤维线密度不同、旦数不同, 仅能选取编织结构和面密度相近织物进行实验, 具体结构参数如表 4 所示。

表 4 增强织物的基本参数

Table 4 Fundamental parameters of fabrics

Fabrics	Thickness/ mm	Area density/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	Knitting stiffness/ (number/25mm)	
			Warp	Weft
UHMWPE	0.26	185	24	20
Kevlar	0.28	200	21	18

表 5 为 Kevlar/Surlyn 和 UHMWPE/Surlyn 两种复合材料的撕裂强力和单束拔脱力数值。由于 UHMWPE 织物无法制成撕裂试样、其复合材料和纯 Kevlar 织物无法制作单束拉拔试样, 所以表中未列有数据。可以看出, 与 Kevlar 织物相比, 两种复合材料的撕裂强力有很大的提高。在相近厚度和

面密度的情况下, Kevlar/Surlyn 复合材料的的撕裂强力高于 UHMWPE/Surlyn 复合材料。UHMWPE 纤维表面能低、与树脂粘结性差, 因此其与树脂的粘附强度低于 Kevlar 织物。另外, 构成织物的 Kevlar 纤维本身的拉伸强度要高于 UHMWPE 纤维, 使得 Kevlar/Surlyn 复合材料撕裂强力较高。

表 5 织物类型对复合材料力学性能的影响

Table 5 Effect of fabric type on mechanical properties of the composites

Materials	Mass fraction of resin/%	Thickness/mm	Area density/($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	Tearing strength/N	Drawing force/N
UHMWPE/Surlyn	51	0.29	378	447	—
Kevlar/Surlyn	47	0.31	380	537	199
Kevlar	0	0.28	200	67	—

采用这两种复合材料组合成防刺靶样 C 和 D, 防刺结果如图 7 所示。可以看出, 靶样 C、D 的防刺性能均优于 Kevlar 织物靶样 A。靶样面密度相同, 在 24 J 能量冲击下, 靶样 D 的穿透层数为 30 层, 而靶样 C 的穿透层数仅为 24 层, 可见 Kevlar/Surlyn 复合材料优于 UHMWPE/Surlyn 复合材料。

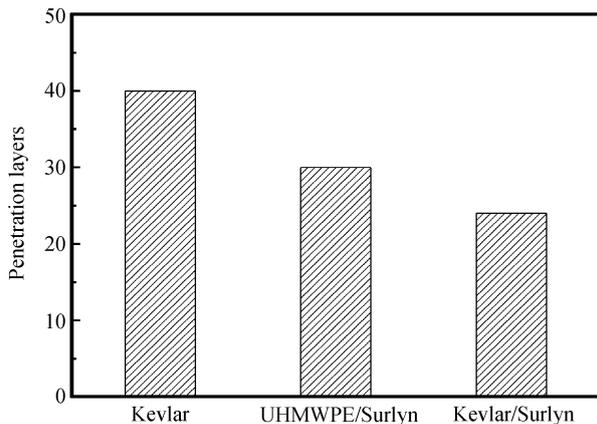


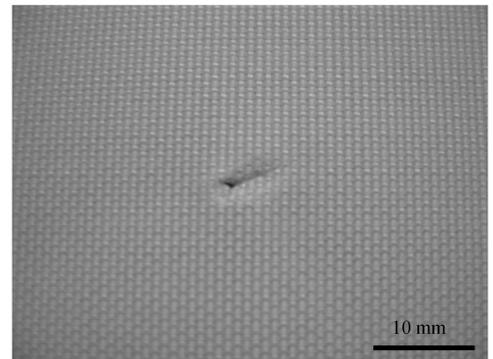
图 7 织物类型对防刺靶样的动态穿刺性能的影响

Fig. 7 Effect of fabric type on stab resistance of the test targets

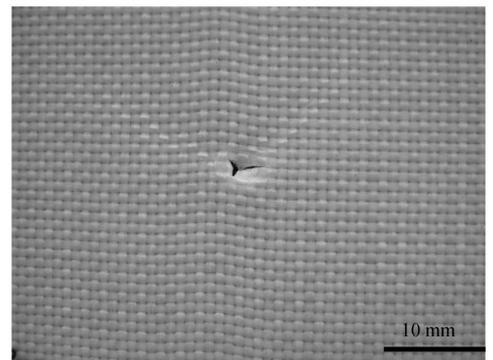
对于叠层结构的 Kevlar/Surlyn 复合材料靶样, Surlyn 树脂基体除了粘织成一体, 将冲击能量在层内分散的作用外, 还能将能量传递到相邻复合材料层中。应力波在层间的传递增加了各复合

材料层的吸收能。UHMWPE 织物与 Surlyn 树脂的粘附强度低于 Kevlar 织物, 能量传递分散的效果低于 Kevlar/Surlyn 复合材料, 使其防刺性能也低于 Kevlar/Surlyn 复合材料。

图 8 为两种防刺靶样动态穿刺后的复合材料破坏照片。可以看出, Kevlar/Surlyn 复合材料的切口宽度小于 UHMWPE/Surlyn 复合材料, 说明 Kevlar 体系的复合材料抗穿刺能力强。Kevlar/Surlyn 复合材料断口整齐, 呈明显的剪切破坏, 说明树脂与 Kevlar 织物粘结紧密, 两者协同作用共同破坏。而 UHMWPE/Surlyn 复合材料的断口既有剪切断口的特征, 也有纤维拉伸断裂的特征, 这主要是 UHMWPE 织物与 Surlyn 树脂的粘附力小, 在受到刀具冲击时, 有部分树脂与织物发生脱粘, 引起纤维抽动, 发生拉伸断裂。



(a) UHMWPE/Surlyn



(b) Kevlar/Surlyn

图 8 UHMWPE/Surlyn 和 Kevlar/Surlyn 复合材料动态穿刺破坏照片

Fig. 8 Photographs of UHMWPE/Surlyn and Kevlar/Surlyn composite fabric damage after the stab test

相对于 UHMWPE/Surlyn 复合材料, 采用 Kevlar/Surlyn 复合材料的靶样的层数进一步降低, Kevlar 织物更合适用作软体防刺复合材料的增强织物。

2.3 复合材料树脂含量的优化

在前期研究的基础上,对 Kevlar/Suryln 复合材料树脂含量对防刺性能的影响规律进行研究,具体结果如表 6 所示。可以看出,随着树脂含量的增加,复合材料的面密度增大,单束拔脱力和撕裂强力也随之增大。基体树脂在复合材料中起应力传递的作用,过少的基体树脂含量会使树脂与纤维和纤维与纤维之间的粘接性下降,影响复合材料的整体性能。

表 6 树脂含量对 Kevlar/Suryln 复合材料力学性能的影响
Table 6 Effect of resin content on mechanical properties of the Kevlar/Suryln composites

Mass fraction of resin/%	Area density/ ($g \cdot m^{-2}$)	Thickness/ mm	Tearing strength/ N	Drawing force/N
0	200	0.28	67	—
33	300	0.29	471.1	117.1
47	380	0.31	488.3	136.7

采用不同树脂含量的复合材料组合得到的靶样 C 和 E 进行了动态穿刺实验,其结果如图 9 所示。可以看出,复合材料树脂含量对防刺结果影响较大。随着树脂含量的增加,防刺靶样的防刺性能提高。树脂含量为 0 时,防刺靶样 A 在刀具 24 J 能量的冲击下,有 40 层出现了穿刺破坏。树脂含量较低的靶样 E,要防住 24 J 能量的刀具穿刺需要 36 层,而树脂含量高的靶样 C 只需 30 层即可防住。

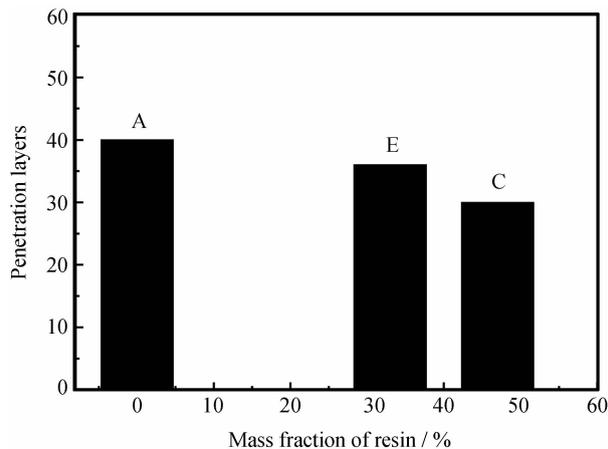


图 9 树脂含量对防刺靶样的动态穿刺性能的影响
Fig.9 Effect of resin content on stab resistance of the test targets

从表 6 中可以看出,增加树脂含量不但可以降低防刺靶样的面密度,还可以大大降低 Kevlar 织

物的使用层数,从而降低了防刺服的厚度和成本。但过高的树脂含量使复合材料的硬挺度增加,影响材料的舒适性,同时过高的树脂含量对材料性能的提高不再有益。本文中优化出的树脂质量分数为 47%。

3 结论

通过对防刺复合材料的设计和性能优化研究,制备出达到 GA 68—2008 标准要求的经济适用的防刺靶样。

(1) Suryln 树脂是防刺复合材料优良的基体材料。Kevlar/Surlyn 复合材料的力学性能和防刺性能均优于 Kevlar/PU 复合材料。

(2) Kevlar 织物是防刺复合材料优良的增强材料。Kevlar/Surlyn 复合材料的力学性能和防刺性能均优于 UHMWPE/Surlyn 复合材料。在相同面密度条件下,由 UHMWPE/Surlyn 复合材料构成的靶样仅能防住 2 层,而由 Kevlar/Surlyn 复合材料组成的靶样多防住 4 层。

(3) 较高树脂含量有利于提高复合材料的防刺性能。树脂质量分数为 47% 的复合材料组成的防刺靶样只需 30 层、面密度 $9.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,即可达到防刺标准的要求。

参考文献:

[1] 郭静荷,姜亚明.防刺个体装甲材料的发展与现状[J].产业用纺织品,2004,22(2):5-8.
Guo Jinghe, Jiang Yaming. The situation and development of the stab-resistant body armors [J]. Technical Textiles, 2004, 22(2): 5-8.

[2] 赵金华,曹海琳,李霞,等. SiO₂ 粉体粒径对 STF/Kevlar 复合材料防刺性能的影响[J].复合材料学报,2012,29(1):54-61.
Zhao Jinhua, Cao Hailin, Li Xia, et al. Effect of SiO₂ particle size on stab resistant properties of STF/Kevlar composites [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2012, 29(1): 54-61.

[3] 张艳,周宏,杨年慈,等.超高分子量聚乙烯纤维在防弹、防刺材料方面的应用[J].纺织科学研究,2009(4):16-26.
Zhang Yan, Zhou Hong, Yang Nianci, et al. Application of UHMWPE fiber in the anti-ballistic and anti-stab materials [J]. Textile Research, 2009(4): 16-26.

[4] 王志刚,周兰英,朱杰. SiO₂ 纳米粒子/Kevlar 织物复合的材料防刺性能研究[J].产业用纺织品,2008(10):15-18.
Wang Zhigang, Zhou Lanying, Zhu Jie. Study of the SiO₂ nanoparticle/Kevlar fabric composites of stab-resistance [J].

- Industrial Textiles, 2008(10): 15-18.
- [5] 江建明, 李光, 金俊弘, 等. 超高性能 PBO 纤维的最新研究进展[J]. 合成纤维, 2008, 37(1): 5-9.
Jiang Jianming, Li Guang, Jin Junhong, et al. The latest research developments of the super high performance PBO fiber [J]. Synthetic Fiber in China, 2008, 37(1): 5-9.
- [6] 申屠年. 多功能热塑性芳纶防弹片及其防弹防刺服: 中国, CN2007101196729[P]. 2008-6-18.
Shen Tunian. Multifunctional Kevlar reinforced thermoplastic resin shrapnel and bulletproof and stab - resistant armor thereof: China, CN2007101196729 [P]. 2008-6-18.
- [7] Leroy C L, Laura G W, David V C. Soft armor composites: US Patent, 5354605 [P]. 1994-10-11.
- [8] Jessie B, Mayo Jr, Eric D W, et al. Stab and puncture characterization of thermoplastic - impregnated aramid fabric [J]. International Journal of Impact Engineering, 2009, 36(9): 1095-1105.
- [9] 方心灵, 刘胜, 左向春, 等. 树脂基体对芳纶材料防刺性能的影响[J]. 合成纤维, 2009, 38(7): 45-47.
Fang Xinling, Liu Sheng, Zuo Xiangchun, et al. Effect of resin on stab - resistant properties of Kevlar materials [J]. Synthetic Fiber in China, 2009, 38(7): 45-47.
- [10] 吴光玉, 陈邦伟. 防刺服装及其开发[J]. 合成纤维, 2010, 19(5): 41-47.
Wu Guangyu, Chen Bangwei. Stab - resistant garment and its development [J]. Synthetic Fiber in China, 2010, 19(5): 41-47.
- [11] 杨川. 芳纶纤维柔性复合材料制备及其防刺性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
Yang Chuan. Investigation of fabrication of aramid fiber flexible composite and its stab resistance [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [12] Keith M K, John E K, Young S L. Yarn pull - out as a mechanism for dissipation of ballistic impact energy in Kevlar® KM - 2 fabric [J]. Textile Research Journal, 2004, 74(11): 939-948.
- [13] 席时平, 崔贵德, 陈南梁. 压延类柔性复合材料的抗撕裂性能研究[J]. 产业纺织品, 2005, 28(12): 17-19.
Xi Shiping, Cui Guide, Chen Nanliang. Tearing property study on the calendered flexible composites [J]. Technical Textiles, 2005, 28(12): 17-19.
- [14] 公安部特种警用装备标准化技术委员会. GA 68 - 2008 警用防刺服[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
The professional police equipment standardization technical committee of ministry of public security. GA 68 - 2008 Stab resistance body armor for police [S]. Beijing, China Biaozhun Publishing House, 2008.