

智能纺织品防护硅橡胶技术

Graham Budden Fernando Vazquez

(道康宁公司)

摘要:介绍了道康宁公司主动防护系统的开发及由冲击防护纤维制成的智能防护材料。在一般情况下,该材料柔软有弹性,当遇到高能量冲击时会立即变硬,将冲击能量吸收并分散。当外力消失时,材料可马上恢复到原有弹性状态。经过多种测试实验证明,该材料可达到欧洲安全标准要求,满足多种应用需求。

关键词:智能;纺织品;防护;硅橡胶技术

冲击防护系统 (Impact - protection systems) 的功能是将与物体接触点的能量吸收并分散开。为了达到防护人们身体的目的,通常要采用硬质材料作防护材料,但这种材料没有弹性,也就不舒服,从而限制了人们的行动。而人们在运动、军事防护、各种行业应用时,很需要更多功能且不受过多行动限制的防护产品。

因此,在保持弹性、透湿性能和使用方便时,如何提高对高能量冲击的有效防护,成为个人防护工具制造商面临的重要问题。由道康宁公司基于硅橡胶技术开发的道康宁主动防护系统 (Dow Corning Active Protection System) 可以解决这一难题。

1 技术开发

道康宁主动防护系统首先应用于高性能运动服饰方面,特别是摩托车驾驶员用服饰。主要达到两点目标:一是对高能量、钝力冲击提供超级防护,二是具有最佳的穿着舒适性。

为了达到以上两个目标,我们将特种硅橡胶涂覆到纺织品载体上。由此制得的产品完全满足要求,并且公司已申请了专利。

具体来讲,产品主要由柔软、可延展、均匀分布的硅橡胶涂覆的三维立体间隔纺织品组成。而且受控的涂覆可以使纤维保持令身体感到舒适的透湿性能,且满足身体各项运动需要的灵活伸曲。

一般情况下,这种材料保持柔软有弹性的状态,当受到高冲击力时,它就会变成硬的固体。在外力被纤维分散后,硅橡胶又迅速恢复柔软和弹

性,材料也就恢复常态。

尽管理论上任何一种织物都可以作为一种载体使用,但事实上选择好一种纺织品要从总体性能上考虑。作为一种典型商业用载体,由多根纤维聚酯丝制成的冲击防护纤维 (impact - protection fabric) 要具有一种菱形表面结构。由单根纤维聚酯丝制成的间隔丝形成一种厚 4.5mm 的三维立体结构。

当涂覆纤维时,重要的是注意硅橡胶,使其能通过间隔纤维丝在外力方向上容易地吸收冲击力。间隔纺织品的三维立体结构是通过精心工程设计好的,它确保在外力方向上使硅橡胶能最大限度的吸收冲击力,当然也让纤维具有好的透湿性能。

在直接受力的区域,在纤维表面和间隔丝上的硅橡胶首先受到冲击力的作用,立即变硬,并将能量传递给邻近的间隔丝,后者也会变硬,于是冲击力被分散开 (见图 1)。

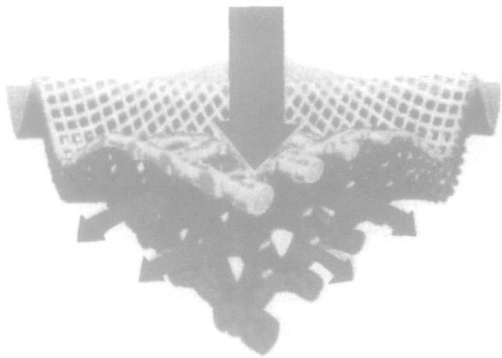


图 1 冲击防护纤维外力吸收和分散示意图

2 主要优势和使用限制

在个人冲击防护系统上应用时,冲击防护纤维提供了独特的性能和舒适度,特别适合制作防护服和防护装备,其关键优势是:一是高性能,即立即吸收和分散高冲击能量;二是柔软性能,为人们行动提供自由可能;三是透湿性能,可以利用开放结构保证自然通风和空气流通;四是通用性,通过裁剪可以制成实际设计要求的形状;五是可以定制,材料性能可以满足特别要求的需要。

因为冲击防护纤维的防护功能主要是硅橡胶提供的,所以它也是热稳定性的。温度在 80℃以上,这种纤维会出现裂缝,但经过冷却后会消失。纤维保持柔软性能的最低温度是 - 20℃,在 - 40℃时纤维就失去任何柔软性能,也不会起到任何冲击防护功能。

3 实验结果

除了舒适性以外,衣服和配件提供的防护功能也必须在考虑的范围內。在某种条件下,已存在的行业标准,如摩托车驾驶员的驾驶服、骑马时穿的运动服和足球运动员带的护胫,都可以做好性能评估。以带有时间记录的能量和传递力测量的冲击测试设备为基础制订的标准测试文件,可以在许多方面应用。在其它应用方面,没有现成的标准,因此模拟实验必须想办法测出传递力。

在这些实验中,砧码是可以垂直落在测试片上的,所以可以测量出传递力。因此就可以知道力、印痕、加速度和压力。例如,表 1详细列出适用摩托车驾驶员防护的 EN 1621实验标准。

表 1 EN 1621实验标准		
指标	EN 1621-1 1997	EN 1621-2 2003
冲击能量 J	50	50
冲击物质量 kg	5	5
冲击速度 (m·s ⁻¹)	4.47	4.47
冲击物尺寸 mm	80×40	带有 12.5 直径表面的 169×50 棒
铁砧圆直径 mm	50	150
传递力要求 kN	大部分<35 无单力>50	大部分<18 无单力>24

图 2是在 EN 1621-1实验条件下的典型冲击实验结果图,表示的是传递力随时间的变化情况。在这里,一种典型硬质材料与主动防护系统做了对比。

在以上对比实验中,需要特别指出的是,图中冲击防护纤维将传递力分散所形成的较低力峰和较长持续时间。由于分散冲击能量的时间要长于硬质材料,所以冲击防护纤维可以降低冲击时的创伤程度。相反,硬质材料在较短时间内产生很高的力峰,对穿着者来讲,其触痛更强,也会造成更多的软组织伤害。

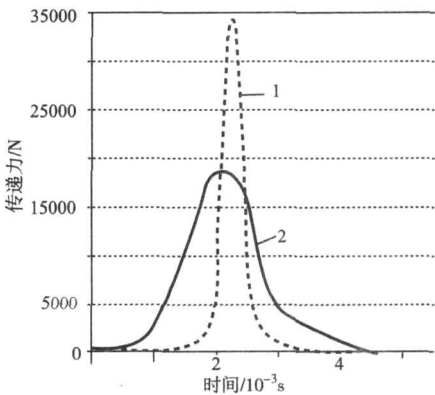


图 2 冲击防护纤维外力吸收和分散示意图
注: 1 - 硬质材料; 2 - 主动防护系统

如果使用多层结构,冲击防护纤维可能针对不同程度的冲击强度为特殊区域提供保护。例如,两层材料可以用于肘、肩、膝的防护,三层到四层可以用于脊背的防护,一层可以在前臂和胫骨上使用。数据表明,即使材料湿了,其防护性能也不会失灵,当然现在只限于摩托车驾驶员驾驶服的情况。

表 2例举了欧洲标准中对与运动相关的防护装备的最低安全要求。采用多种不同冲击能量,在这些防护系统下完成了对冲击防护纤维的初始测试。结果表明,这种纤维每平方米含有名义硅橡胶 1580g

结果也表明,通过增加厚度以达到适合层数,这种防护纤维能通过所有标准要求。而且,在许多条件下,这种厚度比现有的硬质防护材料都要薄,并且更具有柔软和透湿性能的优势。

为了进一步评价这种纤维对更高冲击能量和多层材料的效果,我们又采用 EN 1621-1标准进行了实验。结果如图 3所示。特别引人注目的是,随着纤维层数的增长,纤维受到的传递力将大幅下降。

这是由于,随着厚度的增加,纤维层与层之间小的分布是不连续的,这有助于减弱传递力。

表 2 据多个欧洲标准所做冲击实验结果

欧洲标准				冲击防护材料实验结果	
项目	冲击能量 /J	最大传递力 /kN	主要传递力 /kN	测试样	传递力 /kN
EN 1621-1 1997 摩托车驾驶服 -衣袖	50	50	35	2层	23. 1
EN 1621-2 2003 摩托车驾驶服 -脊背	50	24	18	3层	14. 7
EN 13158 2000 骑马服护肩	60	30	25	3层	21. 5
				2层	47. 3
EN 13277-4 2000 武术运动训练头盔	3	2	不详	现有产品	0. 36
				4层	1. 16
				3层	1. 58
EN 13061 2001 英式足球护胫中心测试区	2	2	不详	现有产品	0. 63
				1层	0. 69
EN 113546 2002 曲棍球护胫中心测试区	10	5	不详	现有儿童用品	> 21
				成人用品	6. 4
				4层	3. 5
				3层	4. 2
				2层	5. 5
EN 6183-3 2000 板球防腿	10	4	不详	现有产品	4. 3
				现有产品重击	5. 5
				4层	3. 7
				3层	4. 8
				3层重击	5. 0
EN 6183-4 2001 板球手套第二、三指	6	4. 5	3	现有产品	2. 2
				现有产品	2. 6
				4层	2. 4
				3层	2. 9
				现有产品 C 边	329 g
EN 1077 1996 滑雪头盔	60	250g	不详	现有产品 C 后	251 g
				现有产品 C 顶	202 g
				4 边层 C 壳	248 g
				1 顶层 C 壳	137 g

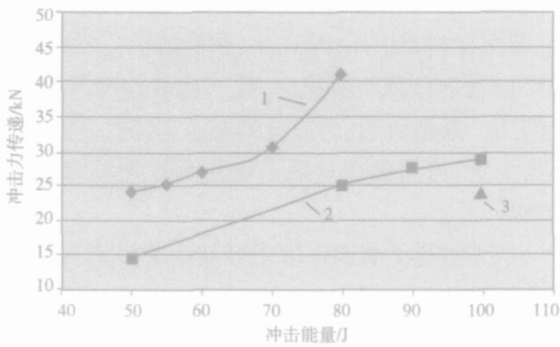


图 3 冲击防护纤维层数与外力图

注：1-2层 2-3层；3-4层

当然,结果也要看涂覆到纺织品上的硅橡胶的数量,具体可见表 3。因为材料是多孔和透湿的,所以不能当作防水材料使用。但这不影响其在潮湿条件下的使用,而且性能与干燥时一样,从而保证其在许多领域可以应用。表 3也列出了在多种潮湿和高温条件下的测试结果。

很明显,冲击防护纤维不可能满足所有可能的应用测试。像其它新技术一样,它取决于最终产品制造商的产品意向、特殊要求和测试条件。

例如,虽然没有正式的测试,在现有商业适用形式下,我们期望冲击防护纤维比硬质材料更耐磨、抗刺。因此,在需要耐磨和抗刺使用时,我们

推荐在防护纤维中添加合适的防护材料或采取合适的防护设施。

表 3 高温高湿条件下以 EN 1621-1 1997标准
测量湿冲击纤维的实验结果

纤维规格	测试条件	传递力 /kN	EN 1621-1: 1997
1380(g·m ⁻²)×2层	浸湿	16.8	通过
1100(g·m ⁻²)×2层	干燥	23.1	通过
1100(g·m ⁻²)×2层	浸湿	23.9	通过
1100(g·m ⁻²)×2层	30℃ 90% RH	24.1	通过
1100(g·m ⁻²)×2层	40℃ 90% RH	28.9	通过

4 应用

道康宁主动防护系统纤维的首次商业应用,是于 2006年 10月由芬兰制造商 Rukka公司制作了摩托车驾驶员的驾驶服。另外,2007年开始,美国和欧洲的制造商也计划用它来生产滑雪服、雪板服和运动防护装备。

随着合适的测试方法和产品开发的不断涌现,可以相信,冲击防护纺织品可以在运动服以外的许多领域得到应用。如工业用和农业用纤维(坐垫、衬里、保护套、保护围栏、隔声器)、医疗设备(护臀、护头、整形配件、口套)、建筑(防护篷、遮阳篷、吸能地板、防爆器、隔声板)、军用和民用防护(隐蔽装甲、块状装甲、防爆器、头盔)。

杨 静 编译