

氧化石墨/壳聚糖层层自组装棉织物防紫外整理的研究

朱昆鹏^a,汪进前^a,盖燕芳^b,李婉婉^a,邓成浩^a

(浙江理工大学,a.材料与纺织学院;b.建筑工程学院,杭州 310018)

摘 要:采用基于 Hummers 法的密闭氧化室法制备氧化石墨并命名为 SGO,在此基础上再利用 XRD、FT-IR、AFM、UV-Vis 等对制备的氧化石墨进行表征。XRD 测试发现氧化石墨在 $2\theta \approx 12.5^\circ$ 处出现(001)晶面的衍射峰且在 $2\theta \approx 27.5^\circ$ 处出现(002)晶面的衍射峰;通过 FT-IR 证实了氧化石墨含有含氧官能团的存在;AFM 测试中发现氧化石墨的片层不均匀,厚度大约为 20 nm 左右;在 UV-Vis 测试中发现在氧化石墨中有 C—C 键的 $\pi \rightarrow \pi^*$ 跃迁吸收峰,没有发现 C=O 键的 $n \rightarrow \pi^*$ 的跃迁峰。采用层层自组装的方法将氧化石墨和壳聚糖处理到棉白坯布上得到抗紫外纺织品。通过纺织品抗紫外因子测试仪(UV-2000F)测得棉织物的抗紫外性能 UPF 值达到 50+。

关键词: 自组装;棉织物;抗紫外性;氧化石墨

中图分类号: TS195.644

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2018)01-0007-06

0 引言

太阳光中的紫外线会对暴露于其中的人体皮肤产生影响,轻则会使皮肤变色或者晒伤,重则会引起皮肤疾病甚至增加皮肤癌的患病几率。随着生活水平的提高以及健康意识的增强,人们对纺织品抗紫外性能的要求越来越严格。

有研究者采用氧化石墨烯改性棉织物成功制备了抗紫外纺织品^[1-2]。鉴于氧化石墨烯的制备过程复杂和购买的成本太高,并且氧化石墨烯与氧化石墨烯在结构上具有相似性,都含有丰富的含氧官能团,因此本文选取氧化石墨烯和壳聚糖作为抗紫外整理剂,采用层层自组装技术来改性棉织物。其中层层自组装技术是利用组装大分子间的弱相互作用(如氢键作用、静电作用和配位作用等)在基质的表面形成自发缔结的逐层交替沉淀,从而形成拥有独特功能的分子集合体或者超分子构造的过程。该技术具有对成膜的基质没有特殊限制、成膜的动力选择较多、制备的膜具有良好的机械和化学稳定性等优点而受到人们的广泛关注和研究^[3]。

防紫外织物一般是通过多种方法对纤维、纱线或者织物的整理获得的。常用的整理剂包括:无机整理剂、有机整理剂以及两者的结合使用^[4]。本文所使用的氧化石墨/壳聚糖紫外整理剂属于有机类整理剂。一般认为,紫外线照射到织物上会发生反射、透射和吸收等过程,这些过程会将紫外线的能量转移掉。防紫外织物的测试标准有很多,例如 AATCC183、AS/NS4399、GB/T 18830 等,这些标准存在一些差异,但是大体上都要求织物的抗紫外因数 $UPF > 40$,且 $T(UVA) < 5\%$, $T(UVB) < 5\%$ ^[5]。本文从众多测试标准中选取 AS/NS4399 为标准,在抗紫外因子测试仪上进行测试。

本文以天然石墨为原料通过密闭氧化室法制备了氧化石墨,进而对制备的氧化石墨进行表征,接着通过层层组装技术将氧化石墨和壳聚糖整理到棉织物上,制备符合测试标准的抗紫外纺织品。

1 试验

1.1 试验材料与仪器

a) 试验材料:棉坯布(70 mm×70 mm,115 g/m²,

市售),石墨粉(痕迹金属总含量小于 0.05%,目数大于或等于 100,阿拉丁),浓硫酸(AR,浙江汉诺化工科技有限公司),浓盐酸(AR,浙江汉诺化工科技有限公司),过氧化氢(AR,无锡市展望化工试剂有限公司),壳聚糖(脱乙酰度大于或等于 95%,黏度 100~200 MPa·s,麦克林),高锰酸钾(AR,浙江三鹰化学试剂有限公司),聚乙烯亚胺(M.W 为 10000,麦克林),去离子水(自制),氧化石墨(自制)。

b) 试验仪器:D90-2F 型电动搅拌调速器(杭州仪表电机厂),EL 系列天平(常州市天之平仪器设备有限公司),HH-4 数显恒温水浴锅(金坛市晶玻实验仪器厂),KQ-250E 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(杭州惠创仪器设备有限公司),DHG-9143BS-III 电热恒温鼓风干燥箱(上海新苗医疗器械制造有限公司),水热合成反应釜(250 mL,聚四氟乙烯内胆),JCM-6000 台式扫描电子显微镜(JEOL 公司),X 射线衍射仪(瑞士 Thermo ARL 公司),傅里叶变换红外光谱(Nicolet iS50,美国赛默飞),TU-1810 型紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司),UV-2000F 型纺织品抗紫外因子测试仪(美国 Labsphere 公司),XE-100E 型原子力显微镜(韩国 PSIA 公司),DATACOLOR 600 型测色配色仪(美国 Data color),Avanti J-25 型高速冷冻离心机(贝克曼库尔特香港有限公司),PHS-3D 型 pH 计(上海精密科学仪器有限公司)。

1.2 氧化石墨的制备机理

密闭氧化室法制备氧化石墨是对 Hummers 法制备氧化石墨的一种简化。该方法不需要对反应过程的温度进行严格的控制,也不会产生氮氧化合物等有毒有害气体,是一种相对安全可靠的实验室制备氧化石墨的方法。根据制备低硫膨胀石墨的相关研究,该反应包括以下几个反应过程^[6]:a) 硫酸氢根和硫酸分子逐渐地插入石墨层间。b) 具有强氧化作用的高锰酸钾与插层的石墨进行深度反应。c) 过氧化氢去除反应产生的二氧化锰和剩余的高锰酸钾。

1.3 氧化石墨的制备流程

a) 将 1 g 石墨、5 g 高锰酸钾、50 mL 浓硫酸分别放到烧杯中并密封。然后将其与水热合成反应釜共同置于冰水混合物中冷却至 0℃,冷却时间为 30 min。

b) 将已冷却的石墨、高锰酸钾先加到水热合成反应釜中,再将浓硫酸加入反应釜中并迅速拧紧反

应釜盖,之后将反应釜放到冰水混合物中保持 90 min,期间要不断地观察冰水混合物中温度计的示数情况,及时地添加冰块以维持 0℃左右的温度。达到预定的时间之后,取出水热合成反应釜,并将盖子重新拧紧。

c) 将水热合成反应釜放到电热恒温鼓风干燥箱中在 100℃条件下保持 90 min。达到预定的时间之后,取出水热合成反应釜并自然冷却到室温时再打开。

d) 将得到的产物于 150 mL 的水中稀释,并在机械搅拌的情况下滴加质量分数为 30%的过氧化氢溶液,剧烈搅拌 2 h 后静止沉淀 24 h。静置之后会出现分层现象,上层呈现土黄色(或金黄色),倾出上层清液,对下层沉淀物用体积分数为 5%的稀盐酸反复洗涤并抽滤至不能抽滤,再用离心机以 13000 r/min 的速度离心洗涤至上层清液的酸碱度接近中性。

e) 将得到的呈泥状的物质在电热恒温鼓风干燥箱中于 60℃条件下干燥后得到样品^[7-9]。

1.4 自组装的工艺流程

a) 将棉织物放到浓度为 30 g/L 的阳离子表面整理剂 PEI(聚乙烯亚胺)中,在 75℃条件下浸渍 90 min,然后用去离子水漂洗,并在电热恒温鼓风干燥箱中于 40℃条件下烘干。

b) 配制 1 mg/mL 的氧化石墨。在配置的过程中要先用超声和机械搅拌交替作用于溶液,然后再用浓度为 0.1 mol/L 的氢氧化钠溶液调节溶液的 pH 至接近中性。

c) 先配制体积分数为 2%的醋酸溶液,再将壳聚糖溶解于醋酸溶液中配制质量分数为 3%的壳聚糖溶液。

d) 将预处理过的棉织物浸入到 SGO(氧化石墨)中,20 min 后取出,在去离子水中浸渍 5 min,之后再反复地清洗,并将样品在电热恒温鼓风干燥箱中于 40℃条件下烘干。

e) 将浸渍过的样品浸入 CS(壳聚糖)中,20 min 后取出,在去离子水中浸渍 5 min,之后再反复地清洗,并将样品在电热恒温鼓风干燥箱中于 40℃条件下烘干。

至此完成了一个组装的循环,将得到的样品记作:(SGO/CS)₁,同理(SGO/CS)_n中的下标 *n* 为组装的次数。接下来依次得到(SGO/CS)_{1.5}, (SGO/CS)_{3.5}, (SGO/CS)_{5.5}等,这里的 1.5、3.5、5.5 是指最外层的组装物质是 SGO。

1.5 测试与分析

1.5.1 红外光谱测试

采用 Nicolet iS50 型傅里叶变换红外光谱仪对氧化石墨样品进行红外光谱的表征。测试采用溴化钾压片的方法进行。测试条件为:将制得的氧化石墨干燥并用研钵磨成极细的粉末,然后进行红外光谱测试。

1.5.2 紫外测试

采用 TU-1810 型紫外分光光度计对氧化石墨样品进行紫外可见光谱测试。样品制备方法为:将氧化石墨配制成浓度极稀的水溶液,并在测试前进行超声和机械搅拌交替处理 180 min,该测试的参照样为去离子水。

1.5.3 X 射线衍射测试

采用 ARL XTRA 型多晶粉末 X 射线衍射仪对样品进行表征。测试条件为:扫描速度为 $2^\circ/\text{min}$,室温,管电压为 40 kV,扫面范围为 $0\sim 40^\circ$ 。

1.5.4 原子力显微镜测试

采用 XE-100E 型原子力显微镜对氧化石墨样品进行表征,主要表征其表面形貌和厚度。样品制备步骤:将氧化石墨配制成浓度极稀的水溶液,并在测试前进行超声和机械搅拌交替处理 180 min,然后用毛细管将其滴加到载玻片上,常温下干燥后进行测试。其中载玻片用水和乙醇作为清洗液在超声波清洗器上清洗 3~4 遍,并且每十分钟更换一次清洗液。

1.5.5 扫描电镜测试

采用 JCM-6000 型台式扫描电子显微镜对经过层层组装处理的棉织物进行 SEM 表征。该测试主要表征棉织物经过处理之后的表现形态变化。

1.5.6 K/S 值测试

采用 DATACOLOR 600 型测色配色仪对经过层层组装处理的棉织物进行颜色深度的测量。在测试之前要先预热 30 min,接着进行黑板、白板和绿板校正,校正完成达到要求之后再进行测试。

1.5.7 抗紫外性能测试

采用 UV-2000F 型纺织品抗紫外因子测试仪对经过层层组装处理的棉织物的抗紫外效果进行表征。测试条件为:温度 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(50\pm 20)\%$ 。

2 结果与讨论

2.1 氧化石墨的红外吸收光谱分析

红外光谱分析可以初步得到物质的官能团情

况,通过该分析可以知道氧化石墨的氧化情况。石墨原始样品没有红外吸收峰,氧化石墨烯和氧化石墨红外吸收峰的位置相同^[10]。因此,不能通过红外吸收峰的情况来判断制备的样品的成分。如图 1 所示,在 3428 cm^{-1} 附近出现的峰为羟基($-\text{OH}$)伸缩振动,在 1629 cm^{-1} 附近的峰为羟基的弯曲振动,这两处的峰代表着样品中有羟基或者水分子存在,并且在高频区的峰比较的宽。同时,这两处峰的出现也预示着氧化石墨具有很好的吸水性。在 2931 cm^{-1} 和 2842 cm^{-1} 处的吸收峰为亚甲基中 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动吸收峰。在 1720 cm^{-1} 附近的峰为氧化石墨边缘的羧基($-\text{COOH}$)或者羰基($\text{C}=\text{O}$)的伸缩振动。在 1410 cm^{-1} 处的峰为羟基的变形振动。在 1110 cm^{-1} 附近的峰为醇羟基($\text{C}-\text{OH}$)伸缩振动产生的^[10-11]。此外,在 $2000\sim 2500\text{ cm}^{-1}$ 出的吸收峰可能为大气中的二氧化碳或者样品表面吸收二氧化碳的吸收峰。

本部分的分析可以断定,氧化石墨的表面分子层上含有丰富的含氧官能团($-\text{COOH}$ 、 $\text{C}-\text{OH}$ 、 $\text{C}=\text{O}$ 、 $-\text{OH}$),正是这些官能团的存在导致其水溶液中因为电离而显示负电性,这为静电层层自组装提供条件。

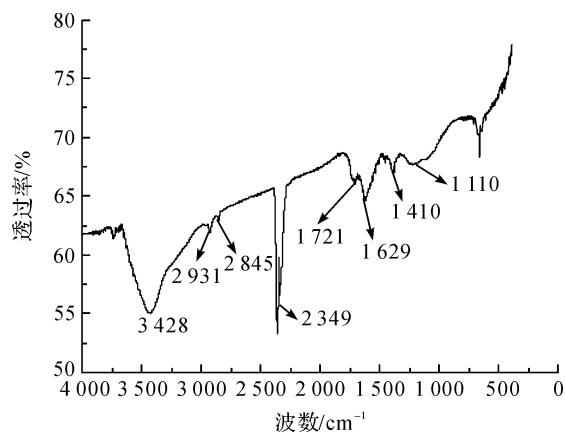


图 1 氧化石墨的红外吸收光谱图

2.2 氧化石墨紫外可见光吸收光谱分析

物质的原子或者分子在吸收了某些特定波长的光之后,会发生能量的跃迁,每种物质都有特定的吸收谱线,据此可以定性的判定物质的类别。紫外吸收光谱就是遵循这种原理而设计的。如图 2 所示的氧化石墨的紫外吸收光谱,从图中可以看到在 230 nm 附近有明显的吸收峰,根据文献^[12],认定此处的吸收峰为 $\text{C}-\text{C}$ 键的 $\pi\rightarrow\pi^*$ 跃迁吸收峰,而在 300 nm 附近没有出现氧化石墨烯的典型 $\text{C}=\text{O}$ 键的 $n\rightarrow\pi^*$ 的跃迁峰。

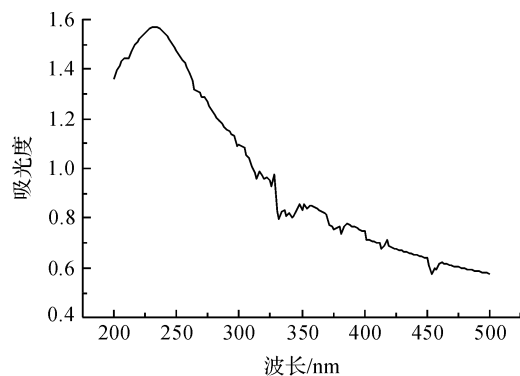
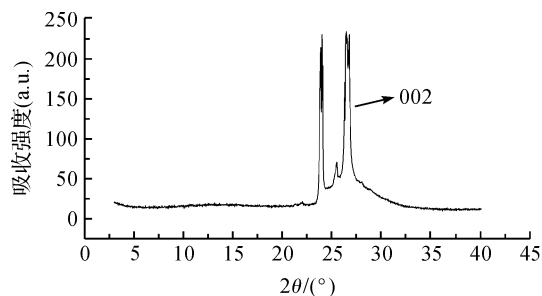


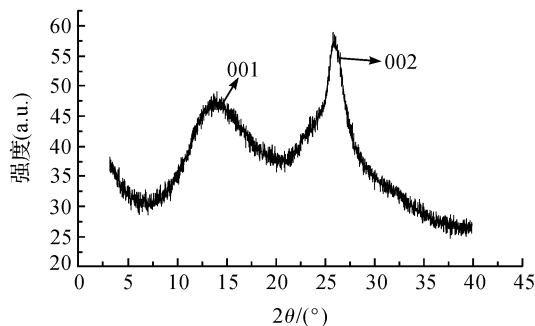
图2 氧化石墨的 UV-Vis 吸收光谱图

2.3 氧化石墨的 X 射线衍射分析

图3是氧化石墨和天然鳞片状石墨的X射线衍射分析,该测试是为了进一步对实验室合成的氧化石墨的结构特征做出说明,并与石墨原样进行比较。图3中氧化石墨(SGO)在 $2\theta \approx 12.5^\circ$ 和 $2\theta \approx 27.5^\circ$ 处有衍射峰出现,并且在 $2\theta \approx 12.5^\circ$ 处的衍射峰为(001)晶面的衍射峰,该峰相较于天然石墨可以认定为新出现的峰;在 $2\theta \approx 27.5^\circ$ 处的衍射峰为石墨(002)晶面的特征衍射峰,并且在天然石墨(G)上也有相应的峰^[13]。根据布拉格方程 $2d\sin\theta = n\lambda$ ($\lambda = 0.1540562 \text{ nm}$, $n = 1$),可计算出氧化石墨的晶面间距 d_{001} (SGO) $\approx 0.707 \text{ nm}$ 。通过布拉格方程可以看出氧化石墨的间距在 0.7 nm 左右明显大于天然石墨的 0.3 nm 左右间距。综上所述可以认为所制备的氧化石墨具备有一定的氧化程度,并且原有的石墨晶型受到破坏,新的晶体结构已经生成。导致上述现象的原因是天然石墨在强氧化剂高锰酸钾的作用下,羧基、羟基等含氧官能团接入碳原子层间,使得原子层发生褶皱,水分子插入其间,导致碳原子层的间距沿着 c 轴增大^[14]。



(a) 石墨(G)的XRD图

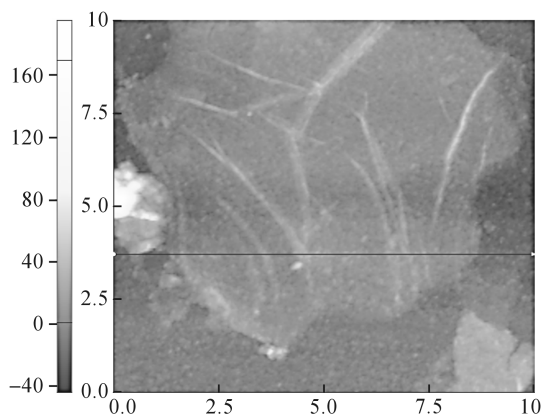


(b) 氧化石墨(SGO)的XRD图

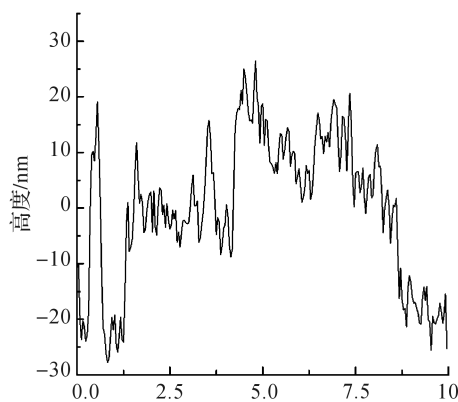
图3 氧化石墨(SGO)和天然石墨(G)的 XRD 光谱图

2.4 氧化石墨的原子力显微镜分析

原子力显微镜主要用于表征纳米尺度范围内样品的厚度以及粒度的大小。如图4为氧化石墨SGO的原子力显微镜相图,从图中可以看出氧化石墨SGO的片层大小不均一,表面有褶皱,不是典型的二维结构。根据图中横线部分的高度标尺可以看到本实验所制备的氧化石墨的厚度在 20 nm 左右,与文献中记载的氧化石墨烯的厚度 1 nm 左右仍有较大差距。这种纳米尺度的片层结构是在制备过程中氧化程度的不同和超声分散剥离过程的不均匀所形成的。



(a) 氧化石墨的AFM图



(b) 横线部分的高度分布

图4 氧化石墨的 AFM 光谱图

2.5 棉织物扫描电镜分析

棉织物经过不同次数的 $(\text{SGO}/\text{CS})_n$ 自组装之后的扫描电镜图(SEM)如图5所示。图5(a)是棉织物在没有参与自组装 $(\text{SGO}/\text{CS})_0$ 之前的SEM

图。从图5(a)中可以看到未处理的棉织物表面的纤维呈现典型的沟槽状特征条纹,纤维和织物的表面较为光洁。图5(b)是经过 $(\text{SGO}/\text{CS})_{1.5}$ 自组装之后的扫描电镜图,图5(c)是经过 $(\text{SGO}/\text{CS})_{3.5}$ 自组

装之后的扫描电镜图,图 5(d)是经过 $(\text{SGO}/\text{CS})_{5.5}$ 自组装之后的扫描电镜图。这四副图纵向比较可以得出:随着组装层数的增加,在织物和纤维的表面出现了颗粒状和条带状很明显的膜。该膜覆盖了棉纤维的表面,使得原有的沟槽结构有所消失。由于静

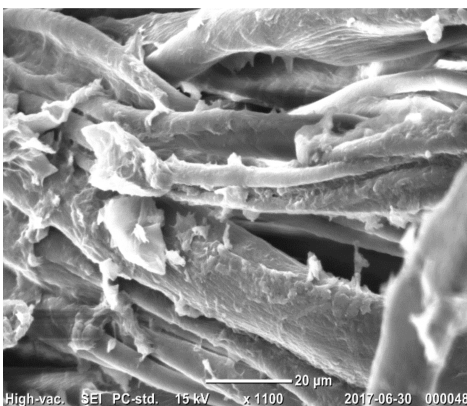
电层层自组装是一种成膜技术,随着组装层数的增加,在棉织物的表面组织结构之间和棉纤维的表面形成一层或者几层自组装膜,正是这种膜的存在使得原有的不具备防紫外功能的棉织物,具备防紫外功能^[2,15]。



(a) 未处理的棉织物



(b) 经过1.5次处理的棉织物



(c) 经过3.5次处理的棉织物



(d) 经过5.5次处理的棉织物

图 5 棉织物经过自组装前后的 SEM 图

2.6 棉织物 K/S 值分析

图 6 为 115 g/m^2 的棉织物经过不同次数的 $(\text{SGO}/\text{CS})_n$ 自组装之后的 K/S 吸收图。横坐标表示组装的次数,纵坐标表示 K/S 值。根据库贝尔卡-蒙克函数的关系可知基质材料的表面颜色深度与颜料的浓度之间有密切的关系。一般选取最大吸收波长处分光反射率来计算,或者使用可见光范围 $400 \sim 700 \text{ nm}$ 的分光反射率的平均值来计算^[16]。计算的 K/S 值越大表明颜色越深,反之有色物质的含量越少。在本实验中随着组装次数的增加,K/S 值越大,织物表面的颜色越深,这与上文中的 SEM 图的结果一致。这从侧面反映出随着组装次数的增加,棉织物的抗紫外性能会变好,但经过 5.5 次的组装之后织物的色深变化缓慢,表现为 K/S 值的增加幅度变得缓慢。

2.7 棉织物抗紫外性能分析

棉织物改性之后的抗紫外性能测试采用抗紫外

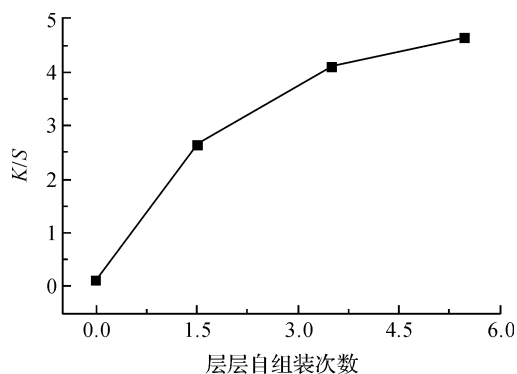


图 6 棉织物的 K/S 吸收图

因子 UPF 值来表征。表 1 为 UPF 值和 T(UVA)、T(UVB)值。从表 1 可以看出经过 $(\text{SGO}/\text{CS})_{1.5}$ 自组装之后,UPF 值已经达到 79.49,明显地高于未经过处理的棉白坯布。在经过 3.5 次和 5.5 次的组装之后 UPF 值已经达到 100 以上,同时 T(UVA)和 T(UVB)也由最初的 $T(\text{UVA})=11.78\%$, $T(\text{UVB})=$

6.87%下降到 T(UVA) 接近 1%, T(UVB) 接近 0%。根据相关的标准,说明棉织物已经具备了抗紫外线的性能,并且 UPF 值为 50+。

表 1 经过层层组长技术处理的棉织物抗紫外性能结果

次数	UPF	T(UVA)/%	T(UVB)/%
0.0	12.50	11.78	6.87
1.5	79.49	1.61	1.11
3.5	103.84	1.40	0.98
5.5	129.31	1.18	0.83

3 结 论

通过制备氧化石墨,并利用层层组装技术将制备的氧化石墨和壳聚糖整理到棉织物上,经测试分析发现:

a) 经过密闭氧化室法成功地以天然石墨为原料制备了氧化石墨。FT-IR 分析可以发现该氧化石墨中含有丰富的含氧官能团(—COOH 、 C—OH 、 C=O 、 —OH); UV-Vis 分析发现氧化石墨中有 C—C 键的 $\pi \rightarrow \pi^*$ 跃迁吸收峰; XRD 分析发现所制备的氧化石墨具备有一定的氧化程度,并且原有的石墨晶型受到破坏,新的结构已经生成; AFM 分析发现片层厚度大约为 20 nm 左右,并且大小不均一,表面有褶皱,不是典型的二维结构。

b) 经过层层自组装技术将氧化石墨和壳聚糖组装到了棉织物上,并使棉织物获得 50+ 的抗紫外效果。

参考文献:

[1] 苗广远,张占柱. 纯棉织物的氧化石墨烯防紫外线整理[J]. 印染,2017(2):35-37.

- [2] 胡希丽. 氧化石墨烯改性棉织物防紫外线性能研究[J]. 棉纺织技术,2016,44(1):25-29.
- [3] 李建波,许群. 层层自组装技术的发展与应用[J]. 世界科技研究与发展,2007,29(3):31-38.
- [4] 廖侠. 防紫外线纺织品的发展现状[J]. 成都纺织高等专科学校学报,2017,34(3):168-171.
- [5] 张晓红. 纺织品抗紫外线性能不同标准方法应用研究[J]. 印染助剂,2017,34(1):56-60.
- [6] 宋克敏. 制备低硫可膨胀石墨的研究[J]. 无机材料学报,1994,9(4):455-460.
- [7] 王鸣玉. 石墨烯/聚酰亚胺介电复合材料的制备与性能[J]. 粉末冶金材料科学与工程,2017,22(1):62-69.
- [8] Bao C L, Lei S, Xing W X, et al. Preparation of graphene by pressurized oxidation and multiplex reduction and its polymer nanocomposites by masterbatch-based melt blending[J]. Journal of Material Chemistry,2012,22:6088-6096.
- [9] Fang F, Zhou C Y, Xu W, et al. Layer-by-layer assembly of a self-healing anticorrosion coating on magnesium alloys[J]. ACS Applied Materials & Interfaces,2015,7(49):27271-27278.
- [10] 杨勇辉,孙红娟,彭同江. 石墨烯的氧化还原法制备及结构表征[J]. 无机化学学报,2010,26(11):2083-2090.
- [11] 陆军,王建朝,赵美峰,等. 氧化石墨烯的制备及电化学性质研究[J]. 材料导报,2014,28(11):28-31.
- [12] 赵静. 氧化石墨烯的可控还原及表征[J]. 化工进展,2015,34(9):3383-3387.
- [13] 张大全. 绿色环保法石墨烯的制备及其电化学性质研究[J]. 当代化工,2016,45(4):710-713.
- [14] 周庆芳,吕生华,贺亚亚,等. 氧化石墨烯的制备及其在皮革鞣制中的应用[J]. 中国皮革,2016,45(10):17-20.
- [15] 胡希丽. 氧化石墨烯/聚糖静电组装棉织物的导电性能[J]. 印染,2015(18):1-5.
- [16] 董振礼,郑宝海,舒桂芬,等. 测色与计算机配色[M]. 2版. 北京:中国纺织出版社,2007:120-121.

Research on anti-uv treatment of cotton fabric by layer-by-layer self-assembly of graphite Oxide/Chitosan

ZHU Kunpeng^a, WANG Jinqian^a, GE Yanfang^b, LI Wanwan^a, DENG Chenghao^a

(a. College of Materials and Textiles; b. School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A pressurized oxidizing chamber method based on the Hummers method was applied to prepare the Graphite Oxide named self-made-Graphite Oxide(SGO). The SGO was characterized by X-Ray Diffraction(XRD), FT-IR Spectrometer(FT-IR), atomic force microscope(AFM), and UV-Visible Spectrophotometer(UV-Vis). The XRD test shows the diffraction peaks with (001) and (002) planes at $2\theta \approx 12.5^\circ$ and $2\theta \approx 27.5^\circ$ respectively. The FT-IR spectra of SGO show the presence of oxygen-containing functional groups. The AFM test shows the thickness of SGO is not uniform, and the thickness is about 20 nanometers. The UV-Vis test indicates the $\pi \rightarrow \pi^*$ transition absorption peak with C—C bond exists in SGO and there is no $\pi \rightarrow \pi^*$ transition absorption peak with C=O bond. The SGO and Chitosan were used to deal with the unfinished cotton fabric via layer-by-layer self-assembly technique for uvio-resistant textiles. After the Cotton fabric was finished, the UPF value of fabric reached 50+ tested by UV-2000F.

Key words: self-assembly; cotton fabric; anti-UV; graphite oxide

(责任编辑:唐志荣)