

介质阻挡放电对合成纤维的表面改性

杨梅*, 阎克路*, 邱高**, 王良**

东华大学 *化学与化工学院 **理学院 上海 200051

摘要: 采用自行研制的介质阻挡放电连续处理装置, 对涤纶和可染改性细旦丙纶分别进行处理。实验测试了接触角、即时渗透性、毛细效应、衰减时间和 K/S 值, 并拍摄了扫描电镜照片。结果表明, 经氩气常压低温等离子体处理过的涤纶织物, 表面性能有了一定的改善, 其表面润湿性能和抗静电性能得到明显改善。经氩气和氧气的混合气体常压低温等离子体处理过的可染改性细旦丙纶织物, 具有较强的染深色效应且时效性良好, 这也可从电镜照片拍下的纤维表面剧烈刻蚀加以证明。

关键词: 介质阻挡放电 常压低温等离子体 合成纤维 表面改性

1 前言

介质阻挡放电 (DBD) 在常压条件下即可均匀放电, 产生的低温等离子体处理纺织材料仅涉及其浅表面而不损伤材料基质、节水节能降低成本、无公害, 并且能够进行连续处理, 因而引起了人们极大的兴趣, 正逐渐用于各种纺织品表面改性的研究中^[1]。

合成纤维中的聚酯纤维具有优良的物理化学性能, 使用广泛, 发展很快, 成为目前世界上产量最多的合成纤维。但现有的商品纤维涤纶尚存在吸湿低、容易积聚静电等缺点。聚丙烯纤维由于不吸湿, 因而染色困难^[2]。要解决这些问题, 介质阻挡放电为我们提供了一条新的途径。

本文运用东华大学理学院自行研制的介质阻挡放电连续处理装置发生常压等离子体, 并对涤纶和可染改性细旦丙纶进行处理, 详细探讨了氩气常压低温等离子体对涤纶织物表面性能的影响以及氩气和氧气的混合气体常压低温等离子体对可染改性细旦丙纶织物表面性能的影响及其时效性。

2 实验

2.1 实验材料

分别将普通涤纶 (PET) 和可染改性细旦丙纶织物置于含有 1 % 洗涤剂的水中洗 15 分钟, 再用清水冲洗 15 分钟, 于 50℃ 烘箱中烘 4 小时。再浸于丙酮中 2.5 小时, 取出晾干待用。

2.2 实验设备

介质阻挡放电连续处理装置 (见图 1) 上海东华大学理学院研制

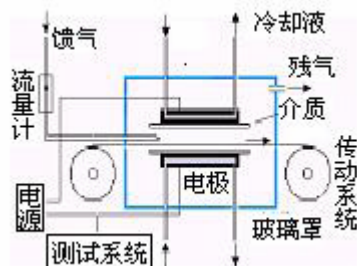


图 1 介质阻挡放电 (DBD) 连续处理装置

2.3 实验方法

2.3.1 处理工艺与条件

分别将预处理过的普通涤纶、可染改性细旦丙纶织物置于介质阻挡放电连续处理装置中处理，处理条件：电源频率 20KHz，功率 400 w，常压放电。

其中处理涤纶时的氩气气流速度为 3 L/min，通过测量涤纶织物的毛细效应、即时吸湿性、与蒸馏水的接触角、抗静电性、断裂强力等性能指标，提出等离子体处理的较佳时间参数以及比较处理前后的性能变化。

处理可染改性细旦丙纶织物的气氛为氧气和氩气的混合气体，氩气气流速度为 5 L / min，氧气的气流速度为 1.67 L / min，处理时间 8 min。处理后，将 2g 经等离子体处理和未处理的可染改性细旦丙纶织物置于含有 2%分散蓝染料 (Navy S-2GRL)、匀染剂 PBC (2g / L) 的染浴中 (浴比 40 : 1)，用台湾 Rapid 红外线染色机进行染色，染浴温度为 130℃，保温 1h。对染色后的可染改性细旦丙纶织物进行加深效应测试比较，并用扫描电镜观察、拍照，比较其纤维表面的变化情况。

2.3.2 测试方法

2.3.2.1 涤纶润湿性能的测定方法

毛细效应测试：将未处理和经过处理的涤纶织物悬挂起来，下端浸入 0.5% 的高锰酸钾溶液 1cm 深，浸泡 30 分钟后，测量高锰酸钾溶液在布料上的爬升高度，取每次的最高值代表其毛细效应。

即时吸湿性测试：将 0.1mL 的蒸馏水滴于涤纶织物表面，用秒表测定其浸透时间，以测试其即时吸湿性随处理时间的变化情况。

接触角测量：使用表面张力仪 (DCA322) (Thermo Co., USA)，测试处理前后的涤纶织物与蒸馏水的接触角 (蒸馏水的表面张力为 $72.6 \times 10^{-3} \text{ N/m}$)。

2.3.2.2 抗静电性能测试

利用 LFY-4B 型感应式静电仪 (山东纺织研究院)，在 20℃、65%RH 环境下采用定时法测试涤纶织物的半衰期。

2.3.2.3 断裂强力测试

利用 H5KS 织物强力测试仪 (Hounsfield Co.,UK)，在 20℃、65%RH 环境下对涤纶织物进行断裂强力测试。

2.3.2.4 加深效应测试

将染色后的 2 块可染改性细旦丙纶布用 Datacolour—SF600 (Datacolour Co.,USA) 测色仪测量，用表观深度 (K/S) 值和亮度 (L*) 值表征其加深效应。

2.3.2.5 扫描电子显微镜 (SEM) 照相

将经过等离子体处理 8min 和未处理的可染改性细旦丙纶织物，真空条件下喷金后，用 JSM—5600LV 扫描电镜分别进行纤维表面观察，拍照，以比较可染改性细旦丙纶纤维表面处理前后的变化。

3 结果与讨论

3.1 氩气常压低温等离子体处理对涤纶织物润湿性能的影响

将经过氩气常压等离子体处理前后的涤纶织物，分别进行毛细效应、即时吸湿性和接触角测试，

结果分别如图 2—4 所示。

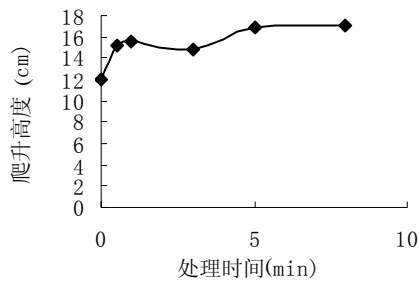


图2 涤纶织物的毛细效应随处理时间的变化

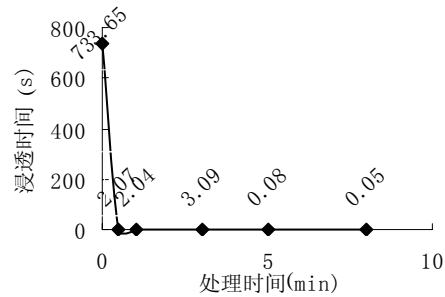


图3 涤纶织物的即时吸湿性随处理时间的变化

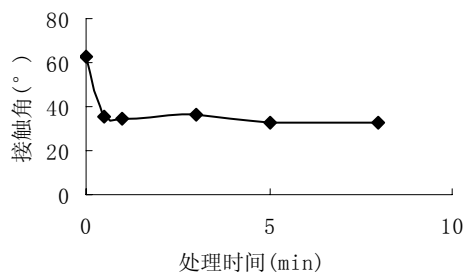


图4 涤纶织物与水的接触角随处理时间的变化

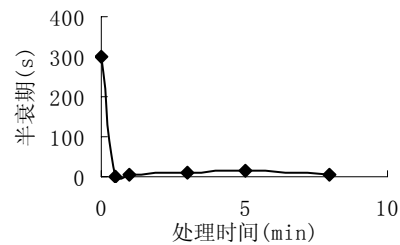


图5 涤纶织物的抗静电性能随处理时间的变化

图 2 是处理时间对毛细效应的影响。从图 2 可见，没有经过等离子体处理涤纶织物的爬升高度为 12cm，随处理时间的延长，其爬升高度升至 16-17cm 左右，显示其毛细效应显著增强。普通涤纶织物处理前后的即时吸湿性测试结果见图 3。从图 3 的数据看出，在未处理涤纶织物的表面滴上液滴，需要 733.65s 液滴才能完全渗透和润湿织物；而经氩气常压等离子体处理的涤纶织物，即使仅处理 0.5min，表面也瞬间润湿，比未处理涤纶织物的即时吸湿性有了显著改善。图 4 是对普通涤纶织物处理时，其处理时间对接触角的影响。从图 4 的数据可以看到：用氩气常压低温等离子体对涤纶进行处理，可以明显地改善涤纶的表面润湿性，涤纶织物浸入蒸馏水中的接触角 θ 由未处理时的 62.46° 减小到 32.52° ，减小了 47.93%。从上述三组试验数据图可看出，涤纶织物经过氩气常压低温等离子体处理后，其表面润湿性能显著改善，随着处理时间的延长，改善效果有所增加，处理到 5min 以后改善效果基本不再增加，但在处理 3min 左右会有一个波动起伏。涤纶织物表面润湿性能的改善，是表面非晶区含量增大以及引入了本体所没有的 $-C=O$ 、 $-OH$ 等亲水性基团的结果。处理时间短有利于连续化的工业生产，所以，本实验的处理时间为 0.5min 为宜。

3.2 氩气常压低温等离子体对涤纶织物抗静电性能的影响

涤纶经过氩气常压等离子体处理，测定其在不同处理时间下的半衰期，测试结果见图 5。从图 5 的数据可看出：涤纶织物经过氩气常压等离子体处理 0.5min 后，半衰期即由未处理时的 300s 降到 1s，但是随着处理时间的延长，半衰期略有增加，处理时间超过 5min 后，半衰期又将下降。整体来看涤纶织物经过处理后，抗静电性能有了明显的改善。

3.3 氩气常压低温等离子体对涤纶织物断裂强力的影响

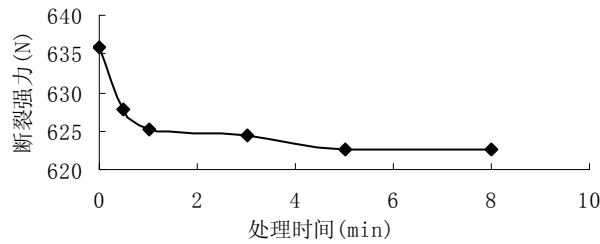
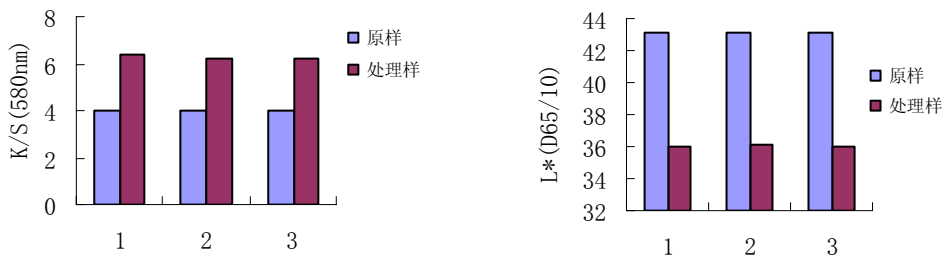


图6 涤纶织物的断裂强力随处理时间的变化

图 6 显示了涤纶经过氩气常压等离子体处理时，其处理时间与断裂强力之间的关系。从图 6 的数据可看出，随着处理时间的延长，涤纶织物的断裂强力略有下降。经 5min 处理后，织物断裂强力由未处理时的 638.8N 降至 622.7N，约降低 2.06%，处理 5min 后的断裂强力基本不再变化。氩气常压等离子体处理涤纶使其表层大分子降解，聚合度下降，减小了分子间横向作用力。以上原因共同造成涤纶织物的断裂强力下降。但是等离子体处理仅对外层纤维的表面起作用，不影响织物内纤维，因而断裂强力只是略有下降。

3.4 常压低温等离子体对可染改性细旦丙纶织物增深效果的影响

图 7 是处理前后可染改性细旦丙纶织物增深效果的测试。可染改性细旦丙纶经过氩气/氧气混合气体的常压等离子体处理 8min 后，分别测定其在处理后当天、处理三个月后以及六个月后染色样与未处理织物染色样的 K/S 值和 L* 值。从图 7 可以看出：经过处理后的可染改性细旦丙纶织物的 K/S 值比未处理织物值显著增加；且随着时间的延长，处理织物的 K/S 值基本不变。同时经过处理后的可染改性细旦丙纶织物的 L* 值比未处理织物值明显减小；处理织物的 L* 值也基本不随着时间而改变。说明氧气/氩气混合气体常压低温等离子体处理可以使可染改性细旦丙纶织物染色发生明显的深色效应，并且时效性良好。



1—等离子体处理当天；2—三个月后；3—六个月后

图 7 氧气/氩气处理可染改性细旦丙纶织物前后 K/S、L* 值的变化

3.4 扫描电镜照相

图 8 的(a)、(b)是氩气/氧气常压低温等离子体处理 8min 后与未处理可染改性细旦丙纶的 SEM 照相比较，可看出未处理的可染改性细旦丙纶纤维除了呈现出微细粒子的痕迹外表面基本是光滑的。处理后的可染改性细旦丙纶纤维浅表面被蚀刻成凹凸不平的坑，纤维的表面形状发生了很大变化。究其原因可能是，可染改性细旦丙纶是掺入了各种改性助剂后的共熔聚合物，改性助剂微粒分散于纤维中后，降低了其热熔性。当带有一定能量的等离子体处理后，其浅表面就比较容易刻蚀了。

这也是可染改性细旦丙纶织物染色发生深色效应的原因。另外，图 8 的(c)、(d)分别是处理三个月、六个月后的可染改性细旦丙纶纤维表面的 SEM 照片。从图中可以清楚地看出被刻蚀的凹凸不平的坑仍然存在，这也证实了其深色效应具有良好的时效性。

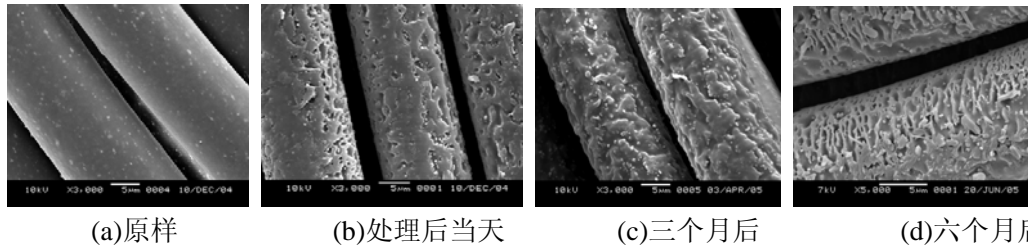


图 8 可染改性细旦丙纶经等离子体处理前后的 SEM 照片

4 结论

(1) 通过测试涤纶织物的毛细效应、即时吸湿性以及浸入蒸馏水中的接触角，表明用氩气常压低温等离子体处理后，能显著改善涤纶的表面润湿性。

(2) 涤纶织物经氩气常压低温等离子体处理后，抗静电性能明显增强。

(3) 涤纶织物经氩气常压低温等离子体处理后，断裂强力略有下降。

(4) 可染改性细旦丙纶织物经氧气/氩气混合气体进行常压低温等离子体处理后，染色效果具有明显的深色效应且时效性良好。

参考文献

- [1] 李雪辰, 尹增谦等. 大气压介质阻挡放电特性研究, 河北大学学报(自然科学报), 2002, 22(1): 16~18
- [2] 姚穆. 纺织材料学, 中国纺织出版社, 北京, 1996.