

# 丙纶非织造织物的等离子体金属化处理

朱友水, 王红卫

(苏州大学 材料工程学院, 江苏 苏州 215021)

**摘要** 研究了应用低温射频等离子体对丙纶非织造织物进行金属化处理的方法, 讨论了各种实验条件如等离子体处理时间、工作压力等对试样电阻的影响, 以及试样的耐洗牢度、热牢度、处理前后的表面形态变化等。结果表明用氢气等离子体还原处理能够获得具有适当导电性的柔软织物。

**关键词** 等离子体; 丙纶; 金属化; 抗静电

**中图分类号**: TS 195.5      **文献标识码**: A      **文章编号**: 0253-9721(2005)05-0083-03

## Metallization of polypropylene nonwoven fabric by low temperature RF-plasma

ZHU You-shui, WANG Hong-wei

(School of Material Engineering, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215021, China)

**Abstract** The metallization treatment of the polypropylene nonwoven fabric by low temperature RF-plasma was researched, and the effect of experiment conditions such as time, working pressure on the electric resistance of the sample was discussed. The washing fastness, thermal stability, and the surface morphological change before and after treatment of the sample were also examined. The results indicated that soft textiles exhibiting proper anti-radiation and antistatic performance can be obtained by plasma treatment in hydrogen atmosphere.

**Key words** plasma; polypropylene; metallization; antistatic

电磁辐射和静电对环境特别是对人体的危害日益严重, 金属化织物作为一种新型复合材料, 具有永久的抗静电和吸收电磁波辐射性能, 引起了人们的极大关注<sup>[1-2]</sup>。此外, 镀银金属化织物还具有很好的杀菌作用<sup>[3]</sup>。目前, 织物表面金属化的方法主要有真空沉积法(也称真空镀)、化学镀法、真空溅射法等<sup>[4-7]</sup>。

真空沉积是纤维织物进行金属化处理采用较早的方法。然而, 用该法制得的金属化织物由于基体在制造过程中使用的浆剂、油剂类以及纤维表面附着的污物、异物等导致基体与金属之间结合力弱, 金属层容易脱落。化学镀方法制造金属化织物, 过程复杂, 同时还存在废液处理带来的环境污染问题。真空溅射法是在真空条件下由粒子辐射产生的金属粒子射向织物表面, 从而形成金属膜。由于溅射原子具有较大的动能, 膜层与织物的结合牢度较强, 但是溅射镀膜设备非常昂贵。

本文研究了用低温等离子体对丙纶非织造织物进行金属化处理的方法。该方法采用健康、环保的表面处理新技术, 整个工艺过程无三废。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原理

利用真空等离子状态下的高能离子刻蚀作用, 使丙纶非织造织物表面妨碍与金属结合的浆料、油剂等低分子物质挥发, 除去纤维基布表面附着的污物及异物, 并使织物表面凹凸不平, 从而提高丙纶非织造织物与金属层之间的结合力; 同时, 丙纶非织造织物表面受高能量的等离子体作用生成活性基团, 使原来惰性的丙纶非织造织物可以和  $\text{AgNO}_3$  溶液络合, 然后利用氢气等离子体还原出单质银。

### 1.2 实验材料

丙纶非织造织物由德国科德宝公司生产; 硝酸银(分析纯)由上海化学试剂总厂生产; 高纯氢(99.99%)、高纯氩(99.99%)由苏州金宏气体有限责任公司生产。

### 1.3 实验设备

HD-1型等离子体处理仪, 电容耦合外电极型, 电源频率 13.56 MHz, 苏州鸿达等离子体技术有限公司生产; DF2811B型 LCR 数字电桥, 宁波中策电子

有限公司生产。

## 1.4 制样

1.4.1 基材洗涤 把丙纶非织造织物试样放在丙酮溶液中,用超声波洗涤器洗涤 5 min,以去除织物表面的有机溶剂、灰尘等杂质,然后放入 40~45℃ 的烘箱中烘干。

1.4.2 等离子体预处理 将烘干的丙纶非织造织物悬挂于等离子体处理室内,开启真空抽气阀,待达到一定的真空度后,通入氩气。将真空度调到所需的工作气压。打开射频电源,调到需要的处理功率,处理一定时间后将样品取出。

1.4.3 AgNO<sub>3</sub> 溶液处理 将等离子体预处理后的丙纶非织造织物浸入不同浓度的 AgNO<sub>3</sub> 溶液中,使织物充分被 AgNO<sub>3</sub> 溶液浸润,待 1 h 后取出,并于室温下干燥。

1.4.4 等离子体还原处理 室温下干燥后,将丙纶非织造织物悬挂于等离子体处理室内,开启真空抽气阀,待达到一定的真空度后,通入氢气。将真空度调到所需的工作气压。打开射频电源,调到所需要的功率,在 H<sub>2</sub> 等离子体作用下,将 AgNO<sub>3</sub> 还原成单质银。处理一定时间后将样品取出。

## 1.5 性能测试

1.5.1 导电性 将处理后的丙纶非织造织物裁成 1 cm × 10 cm 大小的长条,两端分别用镀银金属薄片固定于绝缘板上,用 LCR 数字电桥测试。

1.5.2 耐洗牢度 将处理后的丙纶非织造试样用超声波洗涤器洗涤,每洗涤 5 min,把样品取出烘干测量电阻并记录数据。

1.5.3 耐热牢度 待还原处理结束,测量试样的电阻,然后将该样品置于 100℃ 烘箱中,每隔 24 h 取出测量其电阻,记录数据。

1.5.4 SEM 分析 采用国产 DXS-10A 型 10 万倍扫描电镜观察等离子体处理前后织物表面形态变化,分析金属化处理的效果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同条件对丙纶非织造织物电阻的影响

2.1.1 AgNO<sub>3</sub> 溶液浓度对金属化丙纶非织造织物电阻的影响 图 1 是在功率为 100 W,工作压力为 30 Pa 条件下经不同浓度 AgNO<sub>3</sub> 溶液浸润的样品用等离子体还原处理 20 min 后的电阻值。

由图 1 看出,如果浸润试样的 AgNO<sub>3</sub> 溶液浓度过低,则不能在织物表面形成均匀的银盐涂层,经还原处理后,纤维表面附着的银不能完全导通,故电阻

较大。当 AgNO<sub>3</sub> 溶液达到一定浓度,经还原之后,肉眼可见织物表面附着一层银白色金属银,经测量,其电阻非常小。AgNO<sub>3</sub> 溶液浓度太高,会改变织物外观及手感等性能,而且其成本也高。因此 AgNO<sub>3</sub> 溶液的质量浓度可以选择为 100 g/L。

2.1.2 处理时间对电阻的影响 对试样进行不同时间的还原处理,其电阻值会有相应的变化。该实验是在工作气压为 30 Pa,功率为 100 W,AgNO<sub>3</sub> 溶液质量浓度为 100 g/L 时,分别处理 5、10、15、20、25 min,其电阻值如图 2 所示。

从图 2 看出,随着处理时间增加,试样电阻不断减小。当处理时间达到 15 min 以后,时间再增加,试样电阻的变化不大。究其原因,是因为达到一定时间后,织物表面的 AgNO<sub>3</sub> 基本被还原完全。

2.1.3 氢气气压对电阻的影响 工作气压对试样的电阻有一定的影响,在处理功率定为 100 W,AgNO<sub>3</sub> 溶液质量浓度为 100 g/L,工作气压分别为 10、20、30、50 Pa 的条件下,经等离子体还原处理 20 min 的试样的电阻值如图 3 所示。

图 3 呈 U 形。以工作气压 30 Pa 为界,30 Pa 以前随着工作气压的增加试样电阻急剧下降;30 Pa 以后则趋于平缓上升。其原因是在较低工作压力下,氢气分子数量较少,虽然等离子态氢的能量较高,但其数量有限,进而在固定时间内影响了银离子被还原的几率。而当气压过高时,氢气分子数目增多,导致等离子态的氢粒子相互碰撞,其能量降低,影响了还原效果。因此最佳工作压力在 30 Pa 左右。

### 2.2 还原银的牢度测定

2.2.1 耐洗牢度 镀银织物的电阻与洗涤次数的关系如图 4 所示,等离子体的功率为 100 W、工作压

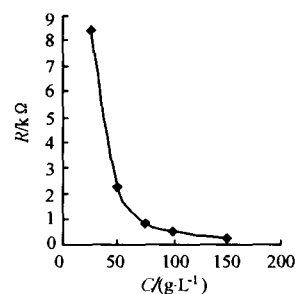


图 1 AgNO<sub>3</sub> 浓度对电阻的影响

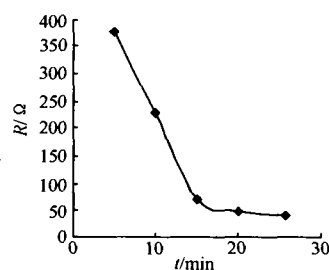


图 2 处理时间对试样电阻的影响

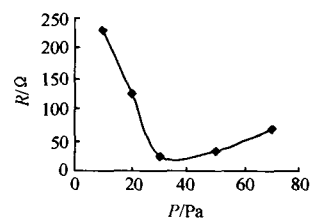


图 3 工作气压对电阻的影响

力为 30 Pa, 使用的  $\text{AgNO}_3$  溶液质量浓度为 100 g/L, 经 20 min 等离子体还原处理。

由图 4 可见, 电阻随洗涤次数的增加而增加, 但电阻的变化仍在理想的金属化织物电阻范围内, 这说明经等离子体处理的金属化织物其基材与金属的结合牢度可以满足实用的需要。

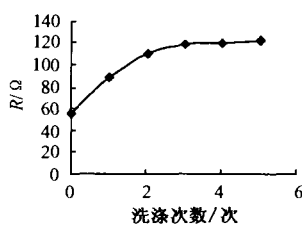


图 4 耐洗牢度

2.2.2 耐热牢度  $\text{AgNO}_3$  溶液质量浓度为 100 g/L, 等离子体处理功率为 100 W, 工作压力为 30 Pa, 还原时间为 25 min. 将试样放在 100 °C 的烘箱中, 每隔 24 h 测量一次电阻, 结果见图 5。

由图 5 可知, 高温下短时间内试样电阻随时间变化比较明显, 4 d 后电阻基本不再变化。这主要是由于初始时在较高温度下织物表面的银原子向织物内部运动, 过了一段时间后, 里外运动达到平衡。另外在高温下单质银会被空气中的氧气所氧化, 也会影响试样的电阻。

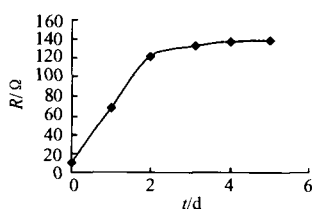
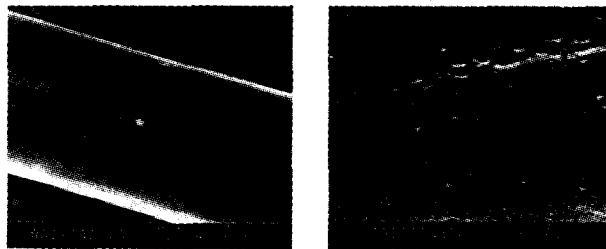


图 5 耐热牢度

### 2.3 金属化前后丙纶非织造织物的表面分析

图 6 为等离子体金属化前后丙纶非织造织物的扫描电镜照片。从图 6 看出, 处理后纤维表面有明显的刻蚀痕迹和银簇, 其中黑色斑点为刻蚀痕迹, 白色微粒为银簇。经等离子体还原处理后的丙纶非织

造织物表面均由极其细微的银颗粒覆盖, 颗粒的平均直径在 0.4  $\mu\text{m}$  左右, 并且组成基本连续的覆盖层。这说明等离子体还原处理的效果非常好。



(a) 未经处理

(b) 等离子处理后

图 6 等离子处理前后试样的 SEM ( $\times 4500$ ) 照片

## 3 结论

用氢气等离子体金属化方法处理丙纶非织造织物在很多方面优于其它方法; 通过这种方法制备的金属化丙纶非织造织物可以满足实际应用的要求。

### 参考文献:

- [1] 陈颖. 金属化纤维织物材料[J]. 合成纤维工业, 1994, 17(5): 35-38.
- [2] Yuranova T, Rincon A G. Antibacterial textiles prepared by RF-plasma and vacuum-UV mediated deposition of silver[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology, chemistry A 2003, 161: 27-34.
- [3] Lee C Y, Lee D E, Joo J. Conductivity and EMI shielding efficiency of polypyrrole and metal compounds coated on (non) woven fabrics[J]. Synthetic Metals, 2001, 119: 429-430.
- [4] 周菊先, 赵峰. 金属化织物材料的研制与应用[J]. 上海纺织科技, 2001, 29(1): 47-48.
- [5] 林一帆. 织物化学镀金属研究[J]. 上海工程技术大学学报, 1997, 11(1): 24-30.
- [6] 张碧田, 李国勋, 翟俊瑛, 等. 电磁屏蔽织物的制备及应用[J]. 环境工程, 1995, 13(5): 38-39.
- [7] 胡智文, 傅雅琴. 涤纶金属化纤维的结构与性能研究[J]. 印染, 2001, 27(1): 8-11.

## 欢迎订阅 2006 年《丝绸》

《丝绸》1956 年创刊, 中国丝绸协会、中国纺织信息中心、浙江省丝绸集团有限公司主办。月刊, 大 16 开本, 56 页, 每月 20 日出版。国际标准刊号: ISSN 1001-7003, 国内统一刊号: CN 33-1122/TS。主要专栏设有: 改革与管理、设计与产品、研究与技术、标准与测试、历史与文化、综述与译介等; 副栏目有: 行业动态、技术问答、经验杂谈、简报报道等。

《丝绸》是丝绸行业内发行量大且具权威的技术类期刊, 被列入全国中文核心期刊和中国科技论文统计源期刊, 多次荣获国家纺织工业局优秀报刊奖和浙江省科技期刊一等奖。

订阅办法: 浙江省内读者请向当地邮局订阅, 邮发代号: 32-28, 其它省市读者请直接向本社发行部订阅, 全年 12 期, 定价人民币 20 元/本, 共计 240 元/年(含邮寄费, 如需挂号, 不论订阅份数多少, 另加挂号费 36 元)。

地址: 浙江杭州市莫干山路 741 号

银行户名: 《丝绸》杂志社

邮编: 310011

开户银行: 工行杭州湖墅支行

联系人: 柳跃美

帐号: 1202020609014408895

电话: 0571-88081769

Http://www.cnsilk.cn

传真: 0571-88839613

E-mail: zgsilk@mail.hz.zj.cn