

文章编号:0253-9721(2010)07-0043-03

# 甲酸处理后精纺毛织物耐磨性能 及其纤维断裂端形态的变化

王莉, 姚金波

(天津工业大学, 天津 300160)

**摘要** 羊毛织物经极性有机溶剂处理可以提高其耐磨性。在不同温度和时间下, 选用甲酸对精纺毛织物进行处理, 再经马丁代尔平磨仪摩擦处理10 000次后, 对摩擦前后的织物进行称量。实验结果表明: 若处理温度高于90 ℃, 织物的质量损失会逐渐增大; 而当处理时间为12 h, 处理温度为20 ℃时, 织物的质量损失最小。另外, 从磨损织物中选取适量的纤维用扫描电镜观察发现, 纤维断裂面主要呈现3种形态, 即原纤化断裂面, 圆形断裂面及横向断裂面, 其中未处理样及低温处理后纤维的断裂面以原纤化断裂面居多, 高温处理后以圆形断裂面居多。

**关键词** 马丁代尔摩擦; 质量损失; 扫描电镜; 原纤化; 精纺毛织物

中图分类号: TS 195.56 文献标志码: A

## Abrasion resistance of worsted fabric treated with formic acid and morphological changes of rupture end

WANG Li, YAO Jinbo

(Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

**Abstract** The abrasion resistance of wool fabrics can be improved by treatment with polar organic solvent. Worsted fabrics were treated with formic acid at different temperatures and time, and then subjected to 10 000 rubs by Martindale abrasion. Then weight the fabrics before and after treatment. The results indicated that the weight loss of fabric increased gradually when the temperature of treatment was above 90 ℃ and the minimum weight loss was observed when the fabric was treated at 20 ℃ for 12 hours. SEM test revealed that the broken fiber sections exhibited three forms, i. e., fibrillated fiber ends, round fiber ends and transversely fractured fiber ends. Fibrillated fiber ends dominated in the fabrics untreated or treated with low temperature, and chiefly round fiber ends appeared with the fabrics treated with high temperature.

**Key words** Martindale abrasion; weight loss; SEM; fibrillation; worsted fabric

毛织物经马丁代尔摩擦可以模仿在日常穿着中的磨损变化, 已有文献介绍了不同化学品(如间苯二酚-甲醛、十二烷基苯磺酸钠、蛋白酶及邻-氯酚)处理对毛织物耐磨性的影响<sup>[1]</sup>, 但关于温度对织物耐磨性的影响很少述及。羊毛织物在实际加工中要经不同温度的处理, 本文对不同温度下经甲酸处理后织物的磨损质量及磨损断裂端进行了分析。通过

实验用不同温度下织物的质量损失及形态的变化来模拟日常生活中纤维的磨损断裂变化。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

精梳美利奴羊毛织物(哔叽), 经纬纱线密度均

收稿日期: 2009-07-29 修回日期: 2010-01-08

作者简介: 王莉(1984—), 女, 硕士生。主要研究方向为羊毛纤维的微细结构。姚金波, 通讯作者, E-mail: jinbo Yao1964@yahoo.com。

为 17 tex, 经纬密度均为 325 根/10 cm, 面密度为 228.4 g/m<sup>2</sup>; 甲酸(80%), 分析纯。

实验方案: 分别称取 28 块质量为 0.5 g 的织物, 其中 1 个作为对比样, 把其余的试样放入烧杯中加入甲酸溶液(浴比为 1:80), 按表 1 的工艺分别进行处理。

表 1 羊毛织物处理工艺表  
Tab. 1 Process of wool fabric

试样编号	处理温度/℃	处理时间/h
1	20	1
2	20	4
3	20	12
4	60	1
5	60	4
6	60	12
7	90	1
8	90	4
9	90	12

每种工艺用 3 个试样, 然后通过摩擦前后织物的平均质量损失来表征织物的耐磨性。

采用 YG(B)401 型全自动织物马丁代尔平磨仪(温州大荣纺织标准仪器厂), 实验前将摩擦次数 10 000 输入显示屏中, 其加压物质量为 395 g, 按照 GB/T 21196.3—2007 规定的方法测定织物耐磨性。

## 1.2 扫描电子显微镜观察

将磨损织物中的纤维用乙醇清洗干净, 室温晾干。把纤维穿在钻有孔的样品台上, 齐根处涂以胶水加固, 然后在纤维样品表面镀薄层金膜, 用 JCM-5000 型扫描电子显微镜(日本 JEOL 公司)观察断面形态。

## 2 甲酸处理与毛织物耐磨性

不同试样经摩擦之后, 称其质量, 并计算平均值。通过摩擦前后的平均质量差来获得织物经摩擦之后的质量损失量, 结果如表 2 所示。从表中可以看出: 经 10 000 次的摩擦之后, 20 ℃ 甲酸处理后织物的耐磨性较高, 其中经 12 h 处理织物的质量损失最小; 经 60 ℃ 甲酸处理后的织物相对于 20 ℃ 的织物质量损失明显要大, 当处理时间超过 4 h, 织物的质量损失量增大, 而且经过 12 h 的处理后织物的质量损失量达到 114 mg, 织物明显受损; 经 90 ℃ 的甲酸处理后, 当处理时间为 1 h 时织物的质量损失相对较小, 但处理 4 h 后织物经 200 次的摩擦就完全破损。即织物经较低温度的甲酸处理可以提高其耐磨性, 经较高温度长时间的处理对织物的耐磨性不利

且织物完全受损。

表 2 马丁代尔摩擦测试结果

Tab. 2 Result of Martidale abrasion

试样编号	平均质量损失/mg
1	32
2	30
3	25
4	34
5	40
6	114
7	35
8	*
9	*
未处理	37

注: \* 代表织物在 200 次的摩擦之后, 完全磨损破坏。

织物在较低温度下处理, 一方面甲酸可以膨胀纤维使其内部发生交联, 另一方面可以溶除结合力较弱的非极性类脂而使极性较强的蛋白类物质加强结合。而高温长时间的甲酸处理会使纤维肽链发生严重的水解使织物受损, 致使织物的耐磨性严重下降。有文献认为甲酸处理后织物经水洗其拉伸强力不会降低, 马丁代尔耐磨性增大, 导致这 2 个方面的主要原因是甲酸处理增大了细胞之间的粘合, 即使部分蛋白类物质和不稳定的类脂被溶解<sup>[2-3]</sup>; Andrea korner<sup>[4]</sup>认为织物耐磨性的提高与织物中所含类脂成分及数量有关, 其中织物的耐磨性随织物中含有的类脂数量减少而增大, 随类脂中胆甾醇与 N-脂酰鞘氨醇比例的增大提高。同时文献[2]证实甲酸处理可以提高精纺毛织物的耐磨性, 但对于地毯和粗纺织物不能提高其耐磨性, 通过透射电镜观察到甲酸主要引起了纤维中细胞间质(cell membrane complex, CMC)的不均一性变化。

## 3 摩擦断裂纤维端的形态变化

经甲酸处理后纤维的断裂端主要呈现 3 种断裂面, 如图 1 所示。

在摩擦断裂的纤维中主要以原纤化断裂面及横向断裂面居多, 未处理样及低温处理后纤维的断裂面以原纤化居多, 高温处理后以圆形断裂面居多。纤维断裂面呈原纤化表明细胞与细胞之间的粘接力较差, 而细胞间质是鳞片细胞之间、鳞片与皮质细胞之间的连接物, 纤维的磨损断裂沿着细胞的边界, 也就意味着断裂面是沿着单位膜结构的类脂双分子层或沿着细胞间质。由此细胞间质被认为是形成角质复合结构的化学和物理弱点区<sup>[5-7]</sup>。文献[8-9]



图1 纤维的断裂面状态(Bar = 10 μm)

Fig. 1 Fiber fracture surface state(Bar = 10 μm). (a) Fibrillated fiber ends;  
(b) Transversely fractured fiber ends; (c) Rounded fiber ends

通过透射电镜分析经甲酸处理的羊毛切片发现,甲酸处理对微原纤/基质没有影响,而细胞间质的染色性发生了变化,其中 $\delta$ 层间隔变化, $\beta$ 层模糊不清,但目前尚不清楚细胞间质结构的底层是否也发生了变化。然而这种变化只发生在相邻的皮质细胞之间,皮质细胞与鳞片细胞之间没有,说明这2个区域的细胞间质性质有些不同。David Tester<sup>[10]</sup>研究了磨损纤维轴向3 μm为间隔的纤维断面,观察到裂纹总是从鳞片的某一点开始,然后裂纹通过鳞片沿着CMC或鳞片内层移动,起始断裂的皮质层总是和起始断裂的鳞片层相连接,但鳞片移动后他们就不再连在一起了。如果和鳞片层相连接的是正皮质层,则纤维会沿着CMC或内部巨原纤而断裂;如果相连接的是偏皮质层,则纤维会沿着CMC断裂并且裂纹会通过细胞核残留物而扩散。即鳞片的断裂有两处,一处是CMC,另一处是在鳞片内层内部,从而可以推测断裂面是一些低交联密度的力学薄弱区。

## 4 结论

羊毛织物经甲酸在不同温度下处理之后,一方面,经高温长时间的处理后纤维变脆,无法吸收所施加的应力而使纤维具有较低的耐磨性;在低温较短时间内处理纤维,甲酸使纤维膨胀而发生交联,稳定了易断裂面而不损伤纤维,且不使其脆化,经不规则分裂之后纤维沿轴向断裂,使织物的耐磨性提高。另一方面,羊毛是多细胞复合体,连接细胞的细胞间质是羊毛纤维中唯一的连续相,其中甲酸可以溶解细胞间质中的物质,经高温长时间处理,细胞间质溶解使纤维内部瓦解,力学性能降低,织物的耐磨性降低,低温较短时间内处理织物,甲酸只可以溶解细胞间质内分子量较小的物质,而分子量较大的物质表现出较好的韧性使其耐磨性提高。 FZXB

## 参考文献:

- [1] ANDERSON C A, LEEDER J D, ROBINSON N N. Morphological changes in chemically treated wool fibres during abrasion[J]. *Journal of Textile Institute*, 1971, 62:450 - 453.
- [2] LEEDER J D, RIPPON J A. Histological differentiation of wool fibers in formic acid[J]. *Journal of Textile Institute*, 1982, 73(3):149 - 151.
- [3] FELDTMAN H D, LEEDER J D. Effects of polar organic solvents on the abrasion resistance of wool fabric[J]. *Textile Research Journal*, 1984, 54:26 - 31.
- [4] KORNER Andrea. The influence of solvent extraction on cell membrane lipids and implications for wool fiber properties[C]// *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Wool Textile Research Conference*. New Zealand: 1990: 387 - 397.
- [5] LEEDER J D. Cell membrane complex and its influence on the properties of the wool fiber [J]. *Wool Science Review*, 1986, 63:1 - 35.
- [6] 杨序纲,孙文奇,严灏景. 纤维的形变和断裂:I. 拉伸角蛋白纤维形变和断裂的动态研究[J]. *中国纺织大学学报*, 1988, 14:9 - 17.  
YANG Xugang, SUN Wenqi, YAN Haojing. Morphological changes and fracture of fibres: I. dynamic study of morphological changes and fracture of extended keratin fibers[J]. *Journal of China Textile University*, 1988, 14:9 - 17.
- [7] 于伟东. 羊毛纤维的结构弱节及力学行为[J]. *东华大学学报*, 2005, 31:108 - 114.  
YU Weidong. The weak structure and tensile behaviour of wool fibres[J]. *Journal of Donghua University*, 2005, 31:108 - 114.
- [8] LEEDER J D, BISHOP D G, JONES I N. Internal lipids of wool fibers [J]. *Textile Research Journal*, 1983(6):402 - 407.
- [9] ANDERSON C A, ROBINSON V N. Morphological changes in wool fibres during fabric wear and abrasion-testing[J]. *Journal of Textile Institute*, 1971, 62:281 - 286.
- [10] TESTER David. Fracture planes of fibers from martindale abraded wool fabrics [J]. *Textile Research Journal*, 1984(1):75 - 76.