

# Tencel 纤维滤材的过滤性能及其表征

万雅波

(中国人民解放军军需大学, 长春, 130062)

王善元

(东华大学)

摘 要: 以 Tencel 纤维为原料进行了滤材的研制及性能的测定, 并对过滤机理、过滤性能及其表征进行了理论分析和探讨。

关键词: Tencel 纤维 原纤化 滤材 过滤质量因子 捕获机理

中图分类号: TS 102.51 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2004)06-0041-03

Tencel 纤维具有优良的湿加工性能和成浆性能<sup>[1]</sup>, 由于在湿加工过程中 Tencel 纤维的原纤化作用, 使其制品的比表面积及孔隙率大大增加, 从而具备了作为过滤材料的应用潜能。本文对过滤机理及 Tencel 纤维所制纸张的过滤性能及其表征进行了理论分析和探讨。

## 1 过滤机理

过滤就是分离、捕集分散于气体或液体中的颗粒状物质的一种操作。一般来说, 纤维过滤材料的过滤理论是建立在分析单根纤维捕获机理基础上的, 粒子捕获机理主要有以下 6 种。1) 惯性冲击 ( $E_I$ ): 粒子与风速都较大时, 当风流接近滤材受阻而发生绕流, 粒子由于惯性作用脱离绕流线, 直接与纤维碰撞而被捕集。分析表明, 惯性冲击机理下的过滤材料的过滤效率随着气溶胶速度、所捕获的粒子密度、粒子直径的增加而增加; 而随着空气粘度及滤材纤维的直径的增大而减小<sup>[2]</sup>。2) 直接捕获 ( $E_x$ ): 如果粒子很小, 则不考虑其惯性与流体有同等密度, 粒子沿着流体的流线前进, 但这一流线距纤维表面很近, 当这一距离为粒子的半径时, 则被纤维所捕集。分析表明, 直接捕获机理作用下的滤材的过滤效率随着滤材填充率和直接捕获参数的增加而增加; 而直接捕获参数随滤材直径的增大而减小, 所以滤材直径越小, 直接捕获机理作用下的滤材的过滤效率越大<sup>[3~6]</sup>。3) 布朗扩散 ( $E_D$ ): 当粒子很小、风速很低时, 粒子的布朗运动产生的扩散将起主要作用, 使它撞击到纤维上而被捕集。扩散机理作用下的滤材的过滤效率随着滤材填充率和粒子扩散度的增加而增加; 随着气溶胶速度和纤维直径的增加而减少<sup>[2, 4]</sup>。4) 筛分作用: 滤材间的孔隙或滤材上的粒子间的孔隙较粒子小时, 有利于筛分阻留, 即所谓筛分效应。很显然, 尘粒越大, 纤维间隙越小, 被筛分的机率就越大。5) 重力沉降 ( $E_G$ ): 当粒子漂浮力小

于粒子的重力时, 粒子就沉积在滤材上, 即为重力沉降作用。分析表明, 重力沉降作用下的滤材的过滤效率绝对值随着粒子直径及其密度的增加而增加; 随着气溶胶速度、流体粘度及滤材纤维直径的增加而减少<sup>[5]</sup>。6) 静电捕获 ( $E_q$ ): 绝大多数粒子在运动与过滤过程中, 由于摩擦等原因而带电。带异性电荷的粒子互相吸引而形成较大的新颗粒则便于捕集; 带同性电荷的粒子相互排斥, 促使粒子作布朗运动等而被捕集。静电作用下滤材的过滤效率绝对值随着粒子所带电荷数量的增加而增加; 随着粒子及纤维直径、气溶胶速度的增加而减小<sup>[6]</sup>。

实际的过滤过程是以上几种过滤机理共同作用的结果, 因此作用在单根纤维上总的过滤效率可以表达为:  $E_f = E_I + E_x + E_D + E_G$ 。

从以上分析可以看出, 过滤材料所用纤维直径是设计过滤材料的一个重要因素。

## 2 试 验

### 2.1 原 料

Tencel 纤维 (Courtaulds 公司, 线密度为 1.2 dtex, 切断长度 6 mm); 智利银星牌针叶木浆。

### 2.2 打 浆

以上 2 种原料分别采用轻、中、重负荷分别落刀; 打浆度为 45 度 SR。

### 2.3 抄 纸

1# 为 100% 针叶木浆, 干重为 5.5 g; 2# 为 Tencel 纤维 10%, 针叶木浆 90%, 干重为 5.5 g; 3# 为 Tencel 纤维 50%, 针叶木浆 50%, 干重为 5.5 g; 4# 为 100% Tencel 纤维, 干重为 5.5 g。

## 3 结果与讨论

### 3.1 过滤性能表征

3.1.1 过滤效率 滤材总的过滤效率  $E$  可由式(1)来表示<sup>[5]</sup>:

$$E = 1 - P = 1 - \exp\left[-\frac{4aE_f L}{\pi d_f}\right] \quad (1)$$

式中,  $L$  为滤材厚度;  $E_f$  为单纤维的总过滤效率;  $P$  为粒子穿透率;  $a$  为滤材填充率;  $d_f$  为纤维直径。

很明显, 滤材总的过滤效率随着滤材填充率、滤材厚度和所有单纤维过滤效率的增加而增加; 随着纤维直径的增加而减少。

3.1.2 过滤阻力 仅由滤材的过滤效率并不能说明滤材过滤质量的优劣, 人们希望在较高的过滤效率下尽可能降低过滤阻力, 以减少能耗成本。滤材过滤阻力  $\Delta P$  由式(2)表示<sup>[8]</sup>:

$$\Delta P = \frac{\eta LVf(a)}{d_f^2} \quad (2)$$

式中,  $\eta$  为流体粘度;  $V$  为气溶胶速度。

Davies 通过测试得到:

$$f(a) = 16 a^{1.5} (1 + 56 a^3) \quad (3)$$

3.1.3 鼓泡孔径及其测定 鼓泡孔径表示滤料可能通过的最大粒径。滤料的鼓泡孔径和它的截留粒径之间存在一定的关系。在实际应用中, 当过滤精度要求高时, 此项指标在滤料选择过程中很有参考价值。

当气体穿过滤料的最大孔隙到达水中产生第一串气泡时的孔径称为最大鼓泡孔径。

3.1.4 过滤质量因子 过滤效率和过滤阻力都反映材料的过滤性能, 是 2 个重要的过滤因子。Spurny<sup>[8]</sup> 将 2 个因子结合起来考虑, 并给出定义:

$$Q = \frac{E}{\Delta P} \quad (4)$$

式中,  $Q$  称为过滤质量因子,  $Q$  值越大, 说明滤材的过滤性能越好。本试验采用 NLF-1 型钠焰法滤料效率检测台测定试样的过滤效率与阻力。

### 3.2 测定结果

试验测定结果见表 1 及图 1~4。

表 1 各种试样的过滤性能及过滤阻力

试样	过滤效率 (%)	过滤阻力 (Pa)	最大泡点 ( $\mu\text{m}$ )	过滤质量因子
0% Tencel(针叶木)	99.98	-	14	-
10% Tencel 纤维	99.94	529.2	16.8	1.85
50% Tencel 纤维	96.0	139.2	24	6.77
100% Tencel 纤维	94.02	78.4	36	11.75

注:“-”表示试样的过滤阻力过大,未获得准确数据。

### 3.3 结果讨论

由表 1 及图 1~4 可知, 生产过滤材料所采用的纤维的直径是一个非常重要的因素, 几乎所有的过滤效应都随着纤维直径的减小而增大。随着 Tencel 纤维含量的增加, Tencel 纤维原纤化作用所带来的

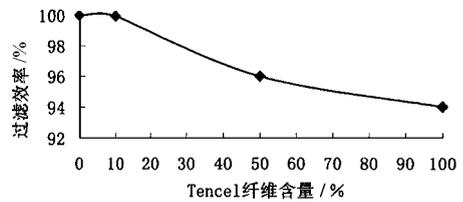


图 1 过滤效率随 Tencel 纤维含量的变化

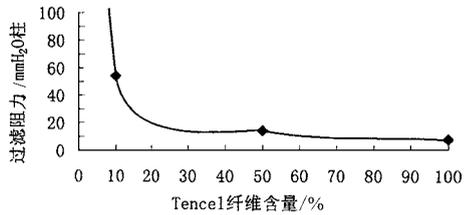


图 2 过滤阻力随 Tencel 纤维含量的变化

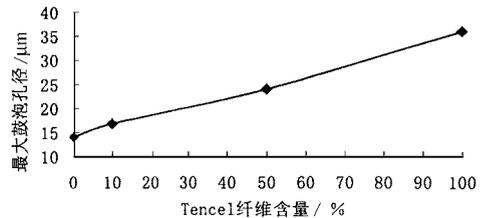


图 3 最大鼓泡孔径随 Tencel 纤维含量的变化

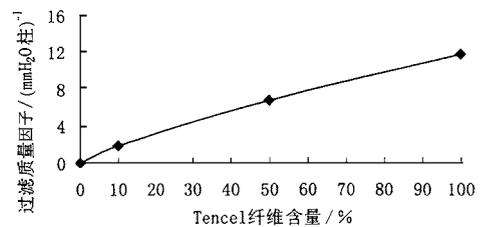


图 4 过滤质量因子随 Tencel 纤维含量的变化

微细纤维数量(直径在  $1 \mu\text{m}$  以下)增加, 滤材中的孔隙数量及最大鼓泡孔径增大, 从而使得透过滤材的速率增大, 过滤效率与过滤阻力降低, 且过滤阻力降低幅度远大于过滤效率降低幅度, 因此过滤质量因子增大。由此结果, 可以选择适当的 Tencel 纤维含量, 通过过滤效率的稍许降低来获得过滤阻力的极大减少, 这符合作为过滤材料所应具备的很重要的性能之一。

## 4 结论

1. Tencel 纤维在打浆过程中发生了显著的原纤化作用, 使得由其所制得的滤材中纤维变细(原纤尺寸在  $1 \mu\text{m}$  左右), 比表面积增大, 孔隙率增大, 具有优良的过滤与吸附性能。

2. 随着 Tencel 纤维含量的增加, Tencel 纤维与针叶木浆混合制造的滤材的过滤效率略有降低(5%以下), 而过滤阻力却有大幅度降低(85%以上), 过滤质量因子提高, 最大鼓泡孔径增大。因此, 可根据需要, 适当选择 Tencel 纤维含量, 在较小的过滤阻力

前提下提高滤材的过滤效率。

### 参 考 文 献

- 1 万雅波 . Tencel 纤维的成浆性能 . 纺织学报 ,2003(1) :26 ~ 27 .
- 2 T. Jaroszyk et al . Critical Aerosol Velocity in Nonwoven Filtration . In : Proceeding of the 1991 TAPPI Nonwoven Conference ,1991 :125 ~ 135 .
- 3 K. W. Lee et al . On the Minimum Efficiency and the Most Penetrating Particle Size for Fibrous Filter . Journal of the Air Pollution Control Association ,1980( 30) :377 ~ 381 .
- 4 B. Y. H. Liu et al . Air Filtration by Fibrous Media in Fluid Filtration : Gas . Volume I( ASTM Special Technical Publication 975) . In : R. R. Raber . American Society for Testing and Materials ,1986 :1 ~ 12 .
- 5 C. N. Davies . Air Filtration . New York : Academic Press Inc . ,1973 : 36 .
- 6 J. Pich . Gas Filtration Theory in Filtration Principles and Practices . In : M. J. Matteson et al . New York : Marcel Dekkar Inc . , 1987 :1 ~ 132 .
- 7 Development in Nonwoven Fabric . A.T. Purdy Manchester , M:5DR , 1983 .
- 8 K. R. Spurny et al . Aerosols and Protective Clothing . American Industrial Hygiene Association Journal ,1990( 51) :36 ~ 43 .