

# 纳米材料对浆料性能的影响<sup>\*</sup>

程秀萍 吴 敏 葛明桥

(江南大学)

**摘要:** 研究了将纳米材料加入到浆料中对浆液粘度、粘着力和浆膜断裂强度、吸湿性的影响,并扫描了浆膜的外观。通过模糊综合评判法从整体上评价了纳米材料对浆料浆液和浆膜性能的影响,认为纳米材料可改善浆膜的综合性能:加入纳米材料后,浆膜的形貌结构有明显改善;混合浆粘度降低;浆膜强伸性提高;对涤棉纱的粘着力有所提高。

**关键词:** 纳米材料;纳米效应;浆膜;模糊矩阵;模糊综合评判;上浆配方

**中图分类号:** TS103.84<sup>+</sup>6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7415(2006)01-0024-04

## Influence of Nanomaterial on Size Film Property

Cheng Xiuping Wu Min Ge Mingqiao

(Southern Yangtze University)

**Abstract** Adding nanomaterial in size mixture, the influence on size viscosity, adhesive strength and moisture adoption was researched, and the appearance of size film was also scanned. Influence of nanomaterial on size mixture and size film was evaluated by fuzzy synthesis evaluation, nanomaterial is considered to improve synthesis property of size film. Adding nanomaterial in size mixture, appearance and structure of size film is evident improved, viscosity of blended size is reduced, strength and elongation of size film is enhanced, and adhesive strength to polyester cotton yam is enhanced.

**Key Words** Nanomaterial, Nanometer Effect, Size Film, Fuzzy Matrix, Fuzzy Synthesis Evaluation, Sizing Formula

### 1 纳米、纳米材料、纳米技术及纳米效应

纳米(Nanometer,简称为 nm)也称为毫微米,1 nm等于 $10^{-9}$  m,即十亿分之一米,相当于10个氢原子排列时所形成的长度。纳米材料是由许多原子、分子构成的具有纳米结构特征的物质。纳米粒子就是纳米尺寸大小的微小颗粒。这种纳米粒子比表面积很大,每克达几百至几千平方米,表面具有很大的能量,具有常规材料所不具有的各种新功能和特性。纳米技术是指在微观环境下,通过直接操纵和安排原子或分子、原子团或分子团,使其重新排列、组合,创造出新的物质和物品的新技术。

纳米固体中的原子排列既不同于长程有序的

晶体,也不同于长程无序、短程有序的“气体状”固体结构,是一种介于固体和分子之间的亚稳中间态物质。因此,纳米材料被称为晶态、非晶态之外的“第三态晶体材料”。纳米材料的尺寸处于微观和宏观物体交界的过渡区域,具有普通微粒所不具备的性质,如小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应、宏观量子隧道效应等。

(1)小尺寸效应。当金属或非金属被制备成小于一定尺度的粉末时,其物理性质就发生了根本变化,具有高强度、高韧性、高比热、高导电率、高扩散率及对电磁波具有强吸收性等性质。

(2)表面效应。纳米微粒尺寸小,表面能高,位于表面的原子或分子所占的比例非常大,表面原子数的增加导致了性质的急剧变化,这种变化随纳米粒子尺寸的减小而增大。

(3)量子尺寸效应。当众多原子聚集到一起形成固体时,原子之间的相互作用导致能级发生分裂,最后形成能带。大块物质由于含有几乎无限多的原子,其能带基本上是连续的,对于只有有

\*江苏“六大人才高峰”资助项目(项目编号为苏人通2005-6-6)

作者简介:程秀萍,女,1977年生,在读硕士研究生,无锡,214122

收稿日期:2005-08-27

限个原子的纳米颗粒来说,当粒径小到一定程度时,能带变得不再连续。当能级间距大于热能、磁能、静电能、光子能量或超导态的凝聚能时,就会出现量子尺寸效应,导致纳米颗粒的光、电、磁、声、热等性质与宏观特性有着显著的差异。

(4) 宏观量子隧道效应。微粒的一些宏观物理量也具有类似电子所具有的穿透势垒的隧道效应,被称为宏观量子隧道效应。

纳米材料及技术已经成为当今高新技术研究的热点之一,在电子、材料、纺织、化工等领域具有广泛的应用价值。根据上述纳米材料的特殊性能,将纳米材料应用于纺织浆料中,探索纳米材料对浆液浆膜性能的影响。

## 2 试验

### 2.1 试验原料

纳米材料由江苏河海纳米科技股份有限公司生产,粒径 35 nm,比表面积 400 m<sup>2</sup>/g,纯度 99.5%,外观为白色粉末。浆料为单一成分浆料。

### 2.2 浆料配方

浆料配方的选择与配合需遵循以下原则:浆料配合的种类越少越好;浆料各组分之间的混合是物理混合,不发生化学反应;混合后的浆液在 4 h ~ 8 h 内不出现分层现象。为了比较纳米材料对浆料的浆液浆膜性能的影响,设计了三种试验配方,配方一为单一浆料,配方二是由 0.5% 纳米材料和 99.5% 浆料组成的混合浆料,配方三是由 2.0% 纳米材料和 98% 浆料组成的混合浆料。

### 2.3 调浆

将纳米材料与浆料按照上述三种试验配方的混合比例放入烧瓶中,加水后配制成浓度为 6% 的溶液。随后以 120 r/min 的速度搅拌、升温烧煮到 95 ℃,在 95 ℃ 条件下保温 1 h,即可使用。

## 3 结果及分析

### 3.1 浆液的粘度

用 NDJ 型旋转式粘度计测定浆液粘度:配方一 17 mPa · s, 配方二 15.6 mPa · s, 配方三 15.2 mPa · s。通过对比可以看出,在浆液浓度相同的条件下,使用纳米材料的配方二和配方三的浆液粘度与没有使用纳米材料的配方一相比,粘度有所降低,并随纳米材料比例的增加,浆液的粘度呈

降低趋势,说明纳米材料对浆液性能会产生较大影响。

### 3.2 粘着力

粘着力是反映浆料对纤维粘附性的重要指标,经纱上浆后可织性的提高程度与浆料对纤维的粘附性强弱密切相关。粘着力的大小与浆料本身的内聚力和浆料与纤维之间的粘附性能有关。

采用粗纱法测试粘着力。将粗纱在不产生伸长的条件下绕在一定尺寸的铝合金框架上,然后将其浸入预先调制的浓度为 1%、温度为 95 ℃ 的浆液中,5 min 后取出框架挂起,自然晾干。剪下上过浆的粗纱放入恒温恒湿标准状态下平衡 24 h,在 Zweick 材料万能实验机上测试断裂强力。测试条件:夹持距离 100 mm,上夹头运动速度 50 mm/min。测试 30 个子样,取其平均值。分别对纯棉与涤棉 (65/35) 测试三个配方的粘着力,数据见表 1。

表 1 浆料的粘着力

配方	纯棉		涤棉	
	均值 /N	CV/%	均值 /N	CV/%
配方一	71.99	4.81	79.06	7.41
配方二	78.11	6.19	74.50	11.89
配方三	70.17	5.00	89.01	11.86

由表 1 可以看出,添加一定量的纳米材料可明显提高浆料对涤棉纱的粘着力,而对纯棉纱仍然可以保持较好的粘着力,说明纳米材料提高了浆料与化纤之间的粘附作用。

### 3.3 浆膜外观

将配方一、配方二、配方三制成的浆膜使用 CSMP3000 型扫描探针显微镜,使用隧道扫描方式扫描浆膜,所得浆膜外观图见图 1、图 2 和图 3,图片的扫描范围均为 1484.38 nm × 1484.38 nm,图像像素为 (152, 152)。

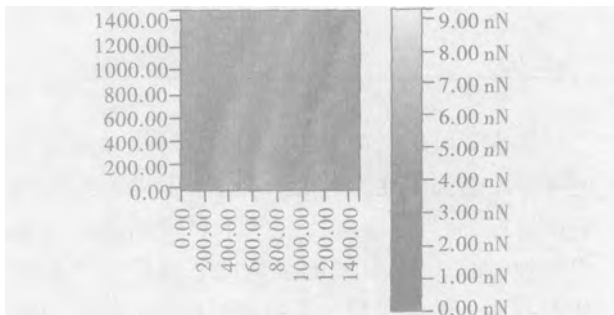


图 1 配方一浆膜扫描图

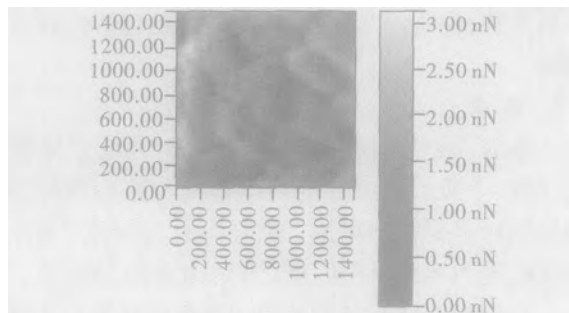


图 2 配方二浆膜扫描图

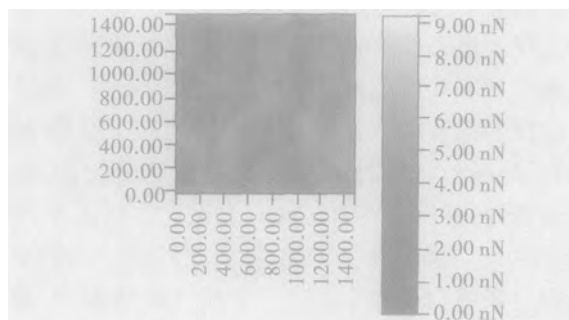


图 3 配方三浆膜扫描图

从图 1、图 2 和图 3 可以看出,不加纳米材料的浆膜形貌结构与加入纳米材料的浆膜的形貌结构有着显著的不同。从图 1 可以看出,单一成分的浆料制成的浆膜形貌结构呈很有规则的条状平行排列。从图 2 和图 3 可以看出,加入纳米材料的浆膜的形貌结构呈网络状,而且由于纳米材料加入的量不同,浆膜的形貌结构也明显不同,图 3 的浆膜外观要比图 2 浆膜的形貌更平整。这说明纳米材料在浆料成膜的过程中发挥了一定的作用,致使浆膜的形貌结构发生了很大的变化。

### 3.4 浆膜强伸性

在 BZ2 5/TN ISZweick 材料万能实验机上测试浆膜断裂强度和断裂伸长率,结果见表 2。

表 2 浆膜强伸性能

配方	断裂强度 / $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	断裂伸长率 /%
配方一	25.93	1.84
配方二	26.80	2.04
配方三	28.66	1.93

从表 2 可以看出,加入纳米材料的混合浆料的浆膜断裂强度比没有加入纳米材料浆料的浆膜强度要好,而且浆膜强度随纳米材料用量的增加而增加;加入纳米材料的浆料的浆膜断裂伸长也比没有加入纳米材料的浆料断裂伸长要好。说明纳米材料提高了浆料的浆膜断裂强度和浆膜断裂伸长。

### 3.5 浆膜耐磨性

浆膜耐磨性是浆料粘附力及强伸度的综合表现,与浆纱性能直接相关,对织造时经纱的断头率有较大影响。试验中浆膜耐磨性是以 800 目 /  $(25.4 \text{ mm})^2$  砂纸在 Zweigle 耐磨仪上对浆膜磨 1000 次后,测试浆膜单位面积上质量的损耗(称磨耗),浆膜的磨耗数值越小则耐磨性越好。试验数据见表 3。

表 3 浆膜耐磨性

配方	平均磨耗质量 /mg	磨耗 / $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$
配方一	7.46	1.148
配方二	11.07	1.703
配方三	8.88	1.366

从表 3 可以看出,配方三的浆膜耐磨性能明显高于配方二。加入纳米材料的浆膜耐磨性比没有加入纳米材料的浆膜耐磨性要差,这可能与试验温度、湿度突然变化有关。浆膜的耐磨性试验还需进一步补充和完善。

### 3.6 浆膜吸湿性

在 SHH - 250S 型恒温恒湿培养箱内吸湿平衡 24 h (温度 25 $^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 75%) 后,取出试样。测得浆膜的吸湿率见表 4。

表 4 浆膜的吸湿率

配方	吸湿率 /%	吸湿率 CV /%
配方一	17.15	3.57
配方二	17.14	3.86
配方三	17.02	4.94

从表 4 可以看出,使用纳米材料后总体上降低了浆膜的吸湿性,而且随着纳米材料用量的增加,浆膜的吸湿性呈现降低的趋势。吸湿性的降低可减少上浆中浆纱的吸湿再粘现象。

## 4 浆料性能的综合评价

### 4.1 模糊综合评判概念

对一个事物的评价,常常要涉及多个因素或者多个指标,我们可以根据这多个因素对事物作出综合评价。具体过程是:将评价目标看成是由多种因素组成的模糊集合(称为因素集  $U$ ),再设定这些因素所能选取的评审等级,组成评语的模糊集合(称为评判集  $V$ ),分别求出各单一因素对各个评审等级的归属程度(称为模糊矩阵),然后

根据各个因素在评价目标中的权重分配,通过计算(称为模糊矩阵合成),求出评价的定量解值。上述过程即为模糊综合评判。

#### 4.2 浆料性能综合评价过程

##### 4.2.1 性能指标及权重分配

衡量一种浆料能否用来对某一种纤维上浆,主要看该浆料是否具有足够粘附力。粘附力是表征浆料性能的一个重要指标,粘附力的大小与浆料本身的内聚力和浆料与纤维之间的粘着力有关,良好的粘附力能使经纱毛羽贴伏,强力提高,耐磨性增加。经纱在织机上受到的作用主要是拉

伸变形,这就要求浆膜要具有良好的弹性,也要求浆膜的拉伸曲线尽可能与纱线的拉伸曲线相近。耐磨性能是浆料粘附力及强伸度的综合表现,在织造过程中,被覆于经纱表面的浆膜是摩擦力的主要承受者。综上所述,影响浆纱性能的五指标的权重根据其影响力的大小分别取 0.25, 0.25, 0.10, 0.20, 0.20。

浆料的浆液浆膜性能试验数据如表 5 所示。

##### 4.2.2 建立模糊评价矩阵

将表 5 中浆料的浆液浆膜数据进行归一整理得表 6。

表 5 浆料的浆液浆膜性能

配方	纯棉纱粘着力 /N	涤棉纱粘着力 /N	浆膜断裂强度 /N·mm <sup>-2</sup>	浆膜断裂伸长率 /%	浆膜磨耗 /mg·cm <sup>-2</sup>
配方一	71.99	79.06	25.93	1.84	1.148
配方二	78.11	74.50	26.80	2.04	1.703
配方三	70.10	89.01	28.66	1.93	1.366

表 6 浆料的浆液浆膜性能指标归一表

配方	纯棉纱粘着力 /N	涤棉纱粘着力 /N	浆膜断裂强度 /N·mm <sup>-2</sup>	浆膜断裂伸长率 /%	浆膜磨耗 /mg·cm <sup>-2</sup>
配方一	0.33	0.32	0.32	0.32	0.27
配方二	0.35	0.31	0.33	0.35	0.41
配方三	0.32	0.37	0.35	0.33	0.32

由归一表得出以下模糊矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} 0.33 & 0.35 & 0.32 \\ 0.32 & 0.31 & 0.37 \\ 0.32 & 0.33 & 0.35 \\ 0.32 & 0.35 & 0.33 \\ 0.27 & 0.41 & 0.32 \end{pmatrix}$$

##### 4.2.3 计算综合性能指标

$$R^* = (0.25 \quad 0.25 \quad 0.10 \quad 0.20 \quad 0.20) \times \begin{pmatrix} 0.33 & 0.35 & 0.32 \\ 0.32 & 0.31 & 0.37 \\ 0.32 & 0.33 & 0.35 \\ 0.32 & 0.35 & 0.33 \\ 0.27 & 0.41 & 0.32 \end{pmatrix} = (0.31 \quad 0.33 \quad 0.34)$$

从上述综合评价计算结果可知,加入纳米材料配方的上浆性能比没有加入纳米材料的配方要好,且随纳米材料用量的增加浆料的综合性能呈现递增趋势。如果各项指标权选择不同以及试验条件变化,模糊综合评价的结果会有波动。

## 5 结论

(1)加入纳米材料后,浆膜的形貌结构有明

显变化,可以由此深入研究纳米材料对浆膜性能影响的作用机理。

(2)加入纳米材料后,混合浆液的粘度降低,浆膜的吸湿性呈减小趋势,这符合上浆“低粘”的要求,并能减少浆纱吸湿再粘的现象。

(3)加入纳米材料后,浆膜的强伸性提高,对改善浆纱的物理性能更加有利。

(4)加入纳米材料后,混合浆液对涤棉纱的粘着力有一定程度提高,对纯棉纱表现出良好的粘附性。

(5)浆膜性能的综合评价结果表明,纳米材料可改善浆膜的综合性能,可通过进一步的试验研究添加纳米材料后,混合浆的实际上浆性能。

### 参考文献:

- [1] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M]武汉:华中科技大学出版社,2000:190-230
- [2] 何秀玲,郭腊梅.纳米材料在纺织领域的应用[J]棉纺织技术,2003,31(11):30-33
- [3] 陈新祥.纳米粘胶与棉混纺纱上浆实践[J]棉纺织技术,2003,31(4):49-50