

文章编号 :0253-9721(2006)05-0056-04

静电纺 PVA 纳米纤维毡的力学性能

戴宏钦,徐明,潘志娟,王建民

(苏州大学 材料工程学院,江苏 苏州 215021)

摘要 研究了静电纺工艺条件对聚乙烯醇(PVA)纳米纤维毡力学性能的影响。结果表明,随电压升高,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸长率先增加后降低,断裂强度逐渐增加;随着喷丝口与接收屏之间距离的增加,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸长率和断裂强度先增加,然后迅速下降;随着纺丝液质量分数的升高,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸长率增加,断裂强度先下降,然后迅速升高。

关键词 静电纺丝; 纳米纤维毡; 聚乙烯醇; 力学性能

中图分类号:TS102.54 文献标识码:A

Mechanical properties of electro-spun nanometer PVA fiber mat

DAI Hong-qin, XU Ming, PAN Zhi-juan, WANG Jian-min

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

Abstract The effect of electro-spinning technology to the mechanical properties of nanometer poly(vinyl alcohol)(PVA) fiber mat was researched. The results show that with the rising of voltage, the breaking elongation rate of the electro-spun nanometer PVA fiber mat first increases, then goes down, and the breaking strength increases gradually; the breaking elongation rate and breaking strength first increase, and then drop rapidly as the distance between the spinneret and the receiving screen increases; the breaking elongation rate increases and the breaking strength drops a little at the beginning, and then increases rapidly as the concentration of the spinning solution increases.

Key words electro-spinning; nanometer fiber mat; PVA; mechanical properties

静电纺丝的方法出现在 20 世纪 30 年代,然而在近几十年才引起人们的广泛关注和较为系统的研究。目前,静电纺丝法已成为制备超细和纳米纤维及其制品的一种重要方法,被成功地应用于锦纶、聚丙烯腈等高分子材料^[1,2]。其主要制品非织造布纳米纤维毡与传统方法制得的纤维毡相比,具有很多优点,在保温、过滤、防护等方面有广泛的应用前景^[3]。静电纺丝工艺、静电纺丝得到的纳米纤维及其集合体的结构与性能、静电纺丝制品的应用等问题是静电纺丝研究的重点。其中对静电纺丝工艺的研究较多,而对其制品的结构和性能研究较少且不系统^[3]。本文在研究水溶性纳米纤维毡纺制工艺与纤维形态关系^[4]的基础上,着重研究在不同工艺条

件下制备的聚乙烯醇(PVA)纳米纤维毡的力学性能。

1 实验部分

1.1 材料

选用聚合度为 2 300 ~ 2 400,醇解度为 98% ~ 99%的水溶性 PVA。

1.2 方法

1.2.1 样品制备

PVA 纳米纤维毡采用文献[4]方法制得。为了得到厚度相近的试样,在其它实验条件不变的情况

收稿日期:2005-07-21 修回日期:2005-10-08

基金项目:江苏省高校自然科学基金资助项目(Q2115031)

作者简介:戴宏钦(1970-),男,汉族,讲师,硕士。主要研究领域为新型纤维的研究与开发。

下,通过控制纺丝溶液的量来制备试样。

1.2.2 力学性能测定

首先在 YG(B)141D 数字式织物厚度仪上测量试样的厚度,然后将其切成宽 2 mm×长 50 mm 的长条,在 YG004A 型单纤维电子强力仪上测定强力与伸长,从而得到强力-伸长曲线及有关力学指标,每个试样测定 5 次,取其平均值。夹持部分的长度为 10 mm,拉伸速度 10.00 mm/min,环境条件:温度 20 ℃,相对湿度 65%。

最后计算断裂强度(cN/mm^2)和断裂比功($\text{cN}\cdot\text{mm/mm}^3$),计算公式为

$$\text{断裂强度} = \frac{\text{断裂强力}(\text{cN})}{\text{试样宽}(\text{mm}) \times \text{试样厚}(\text{mm})} \quad (1)$$

$$\text{断裂比功} = \frac{\text{断裂功}(\text{cN}\cdot\text{mm})}{\text{试样体积}(\text{mm}^3)} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 电压

在喷嘴口与接收屏之间距离为 12 cm,纺丝液质量分数为 6% 的条件下,静电纺丝的电压分别取 15.6、17.7、19.3 kV,纺得 3 种试样,试样的平均厚度均为 0.12 mm。图 1 为 3 种不同电压下试样的强力-伸长曲线。

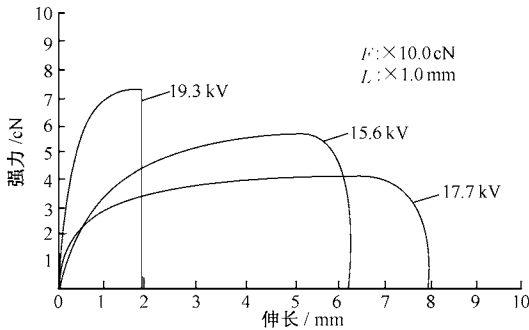


图 1 不同电压时静电纺 PVA 纳米纤维毡的强力-伸长曲线

从图 1 看出,曲线的起始部分基本为斜率较大的平滑直线,其中电压为 19.3 kV 的强力-伸长曲线斜率大于电压为 15.6 kV 和 17.7 kV 的。这说明电压为 19.3 kV 时,静电纺 PVA 纳米纤维毡的初始模量较大,而另 2 种试样的初始模量相近。3 条曲线均有明显的屈服点,这主要是因为试样内纤维相互交错并紧密排列,在拉伸的初始阶段需要较大的外力打开大量的纤维交结点。过了屈服点后,19.3 kV 试样没有明显的屈服变形,15.6、17.7 kV 试样有较大的伸长。这是因为 19.3 kV 试样中的纤维直径较细,

达到 200 nm 以下^[4],毡内纤维之间的交错结构紧密,因此纤维间的滑移较小,表现为屈服伸长小;而对于 15.6、17.7 kV 试样,纤维毡内的纤维直径较大,结构相对不紧密,因此,在外力达到屈服点后,纤维之间的交结点被打开,进而使纤维沿着外力场的方向排列,相互之间产生滑移,直到最后纤维毡断裂,表现为较大的屈服伸长。试样的屈服变形部分不是光滑的曲线,有一点波动。这是由于静电纺纤维毡是纤维交错排列的集合体,具有层次结构,由于纤维之间的交错紧密程度不均匀,从而具有断裂不同时性。

图 2~4 分别为静电纺 PVA 纤维毡的断裂伸长率、断裂强度和断裂比功随电压的变化曲线。可以看出,随着电压的升高,其断裂伸率先增加后减小,且变化较大;断裂强度起始阶段变化较小,当电压升高到 19.3 kV 时,增加的幅度很大;相应地,断裂比功呈现先增加后减小的变化规律。

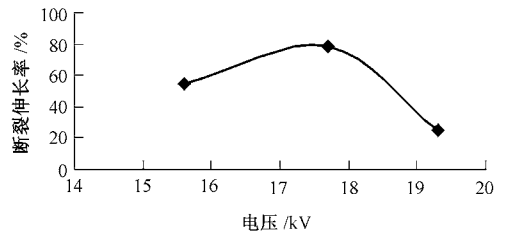


图 2 电压与断裂伸长率的关系

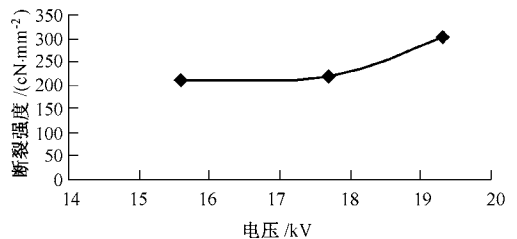


图 3 电压与断裂强度的关系

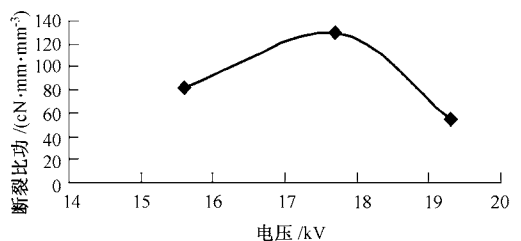


图 4 电压与断裂比功的关系

当电压为 15.6、17.7 kV 时其断裂伸长率大且断裂强度较小,这与纤维毡的结构和纤维的结晶度有关。根据文献[5],这时的纤维直径较大,形成的内部结构相对较为疏松,因此,纤维毡的伸长主要是

纤维之间的滑移,使得纤维毡的断裂伸长率提高,而断裂强度较小;另外,纤维本身的伸长也对纤维毡伸长有一定的作用,结晶度高的纤维,其纤维的强度增大,伸长减小。电压为 15.6 kV 的试样结晶度比 17.7 kV 试样高^[4],因此后者的断裂伸长率要大。当纺丝电压为 19.3 kV 时,纤维的直径达到了 200 nm 以下^[4],由于纤维细,纤维之间就容易形成紧密的排列,这样有利于提高其强度而伸长减小。对于厚度相同的试样来说,当纤维直径较小时,静电纺纤维毡中纤维交错排列层次必然增加;且在 19.3 kV 高电压下的高静电力也有利于纤维排列紧密度的提高,因此,虽然其结晶度、纤维直径和厚度与 15.6 kV 时相似^[5],但强度和初始模量却达到最高,相应地由于这种过于紧密的排列使其断裂伸长率最小。

2.2 喷丝口与接收屏之间的距离

电压(15.6 kV)和纺丝溶液的质量分数(6%)不变,喷丝口与接收屏之间的距离分别取 12、14、15 cm,制得 3 个试样,试样的平均厚度均为 0.12 mm。

图 5 为喷丝口与接收屏之间距离不同时的静电纺 PVA 纳米纤维毡的强力-伸长曲线。从图 5 看出,3 条曲线的起始部分均为平滑直线,随着喷丝口与接收屏之间距离的增加,曲线的斜率逐渐增加。这说明随着喷丝口与接收屏之间距离的增加,静电纺 PVA 纤维毡初始模量逐渐增大。喷丝口与接收屏之间的距离为 12、14 cm 的二根曲线均有明显的屈服点,且过了屈服点后,都有较大的屈服伸长;而喷丝口与接收屏之间距离为 15 cm 的曲线的伸长很小,且没有明显的屈服变形,这与纤维毡的结构过于紧密有关。

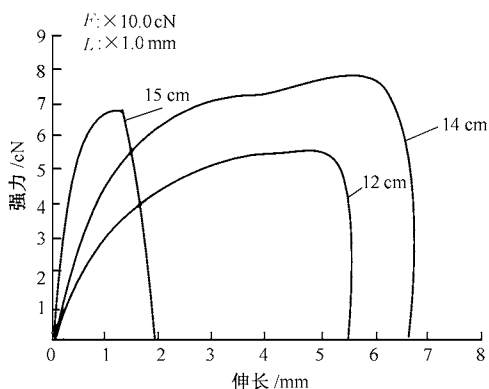


图 5 喷丝口与接收屏之间距离不同时的强力-伸长曲线

根据式(1)、(2)计算得到静电纺纳米 PVA 纤维毡的力学性能特征值:断裂强度、断裂比功,并根据试样长度及断裂长度计算得到断裂伸长率。结果表明,这 3 个力学参数均随着喷丝口与接收屏之间距离的增加先增加后减小,其中断裂伸长率和断裂比功的变化幅度较大,尤其是当喷丝口与接收屏之间的距离增加到 15 cm 时,断裂伸长率急剧减小。

2.3 纺丝液质量分数

在电压(15.6 kV)和喷丝口与接收屏之间距离(15 cm)不变的条件下,纺丝液的质量分数取 6%、7%和 8%,纺得 3 个试样,试样的平均厚度均为 0.10 mm。

图 6 为不同纺丝液浓度的静电纺 PVA 纤维毡的强力-伸长曲线。根据式(1)、(2)计算得到静电纺 PVA 纳米纤维毡的力学性能特征值:断裂强度、断裂比功,并根据试样长度及断裂长度计算得到断裂伸长率。结果表明,断裂伸长率随纺丝液浓度的增加而增加,这与在高质量分数条件下纤维直径大,相同厚度的纤维毡中纤维相互交错排列的层次减少、交结点减少有关。强力的变化是先有所下降,然后急剧增加,这和纺丝液质量分数高时结晶度高有关^[5]。

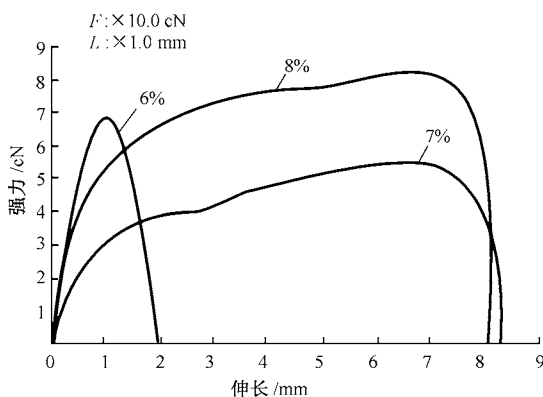


图 6 纺丝液质量分数不同时的强力-伸长曲线

3 结论

1) 随着电压的升高,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸率先增加,后迅速降低,纤维毡的断裂强度逐渐增加。

2) 随着喷丝口与接收屏之间距离的增加,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸长率和断裂强度先增加,然后迅速下降。

(下转第 65 页)

(上接第 58 页)

3) 随着纺丝液浓度的升高,静电纺 PVA 纳米纤维毡的断裂伸长率提高,断裂强度先有所下降,之后迅速升高。 FZXB

参考文献:

- [1] Yong Jun Ryn , Kim Hak Yong , Lee Keum Hyung , et al .
Transport properties of electrospun nylon 6 nonwoven mats
[J] . European Polymer Journal , 2003 , 39 :1883 - 1889 .
- [2] Sian F Fennessey , Richard J farris . Fabrication of aligned
and molecularly oriented electrospun polyacrylonitrile

nanofibers and the mechanical behavior of their twisted yarns
[J] . Polymer , 2004 ,45 :4217 - 4225 .

- [3] 覃小红,王善元. 静电纺丝纳米纤维的工艺原理、现状及其应用前景[J]. 高科技纤维与应用,2004,29
(2):28 - 32 .
- [4] 徐明,戴宏钦,潘志娟,等. 水溶性纳米级纤维毡的纺制工艺[J]. 苏州大学学报(工科版),2005,25(1):14
- 18 .
- [5] 徐明. 静电纺工艺及其制品的结构与性能[D]: [硕士论文]. 苏州:苏州大学,2005 .