

# 涤纶单丝的张力热定型工艺研究

张 焯<sup>1,2</sup>, 刘燕平<sup>1,2,\*</sup>

(1.教育部产业用纺织品工程研究中心,上海 201620;

2.东华大学 纺织学院,上海 201620)

**摘要:**涤纶单丝广泛应用于经编间隔织物,作为承力单元单丝的力学性能很大程度上决定了织物的抗压缩性能。研究了单丝的热定型工艺对其力学性能和微观结构的影响,通过对涤纶单丝进行不同温度和时间的张力热定型处理,测试定型前后单丝的单向拉伸性能和结晶度,分析了热定型时间和温度与单丝初始模量和结晶度的关系。结果表明,随着热定型时间的增加,涤纶单丝的初始模量先增大后减小;热定型温度为 180 °C 时,涤纶间隔单丝的初始模量大于 200 °C 时的初始模量;张力热定型提高了涤纶单丝的结晶度。最佳热定型工艺是 180 °C,时间 20 s。

**关键词:**涤纶单丝;热定型时间;热定型温度;初始模量

**中图分类号:** TS156

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2019)02-0001-03

经编间隔织物是由双针床经编机生产的一种三明治结构,由两个相互独立的表面层及在中间起连接和支撑作用的间隔单丝组成,又称三明治织物<sup>[1]</sup>。这种特殊的 3D 结构赋予了间隔织物优异的透气<sup>[2]</sup>、透湿<sup>[3]</sup>和压缩性能,广泛应用于服装、汽车、医疗、复合材料、声学、农业等多个领域<sup>[4]</sup>。间隔单丝作为间隔织物结构的承力单元,决定了间隔织物的抗压缩性能。随着人们对间隔织物研究的不断深入,发现间隔丝的面密度、间隔单丝的直径<sup>[5]</sup>影响间隔织物的透气性,同时间隔丝(单丝或复丝)的类型<sup>[6-7]</sup>、直径<sup>[8]</sup>及其排列<sup>[9-10]</sup>也影响间隔织物的压缩性能,经编间隔织物编织完成后需要进行拉幅热定型,才能获得良好的抗压缩性能。定型温度和时间会使单丝的微观结构发生改变,从而影响间隔织物成品的性能。目前,对间隔织物热定型工艺的研究较少,本文选用了直径为 0.12 mm 的涤纶单丝进行张力热定型研究,测试不同热定型时间和温度下张力热定型后涤纶的力学性能和结晶度,以期对间隔织物的热定型工艺提供参考。

## 1 试验部分

### 1.1 试验仪器

SK 101 系列数显鼓风干燥箱(上海圣科仪器设备有限公司);XL-1A 型纱线强伸度仪(上海新纤维仪器有限公司)

收稿日期:2018-11-21;修回日期:2018-11-24

基金项目:国家自然科学基金(11702062);上海浦江人才计划项目(17PJ1400300);中央高校基本科研业务费(16D110120)

作者简介:张 焯(1994-),女,硕士,主要从事针织产品设计,E-mail:zhangye\_evil@163.com。

\*通信作者:刘燕平(1984-),副教授,主要从事针织技术及产品开发,E-mail:liuyup@dhu.edu.cn。

司);18 kW 转靶 X 射线衍射仪(日本理学株式会社)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 张力热定型

将直径为 0.12 mm 的涤纶单丝缠绕在表面光滑的圆柱铁棒上,并且两端如图 1 所示固定,然后将其置于数显鼓风干燥箱内进行热定型,热定型温度分别为 180 °C 和 200 °C,热定型时间依次为 10、20、30 s 和 1、5 和 10 min。

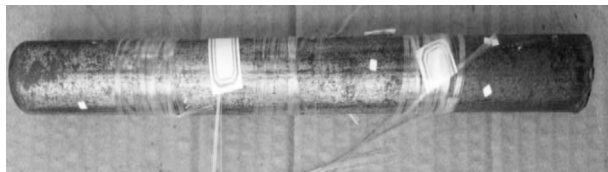


图 1 涤纶单丝固定方式

#### 1.2.2 拉伸性能

在 XL-1A 型纱线强伸度仪(上海新纤维仪器有限公司)上测试经过不同温度和时间张力热定型后的涤纶单丝的拉伸性能,得到单丝拉伸的应力—应变曲线和初始模量。测试条件为:拉伸隔距 500 mm,拉伸速度 500 mm/min。

#### 1.2.3 结晶度

将涤纶单丝充分剪碎,呈细粉末状,约 0.2 g(大约一分硬币的体积),在 18 kW 转靶 X 射线衍射仪(日本理学株式会社)进行结晶度测试实验,获得单丝的 X 射线衍射曲线。然后使用 Jade 6 软件对所得的曲线进行平滑、去基底、分峰和拟合处理得到单丝的结晶度。测试条件为:扫描范围 5°~90°;扫描速度 20 °/min;铜

靶功率 40 kV/200 mA。

## 2 结果与分析

### 2.1 拉伸性能

图2和图3分别给出了涤纶单丝在180℃和200℃温度下张力热定型后的拉伸应力—应变曲线,可以看出,张力热定型的定型时间和定型温度对其应力—应变

曲线形态没有明显影响。定型温度不变时,随着定型时间的增加,单丝张力热定型后的应力—应变曲线先高于定型前的应力—应变曲线,随后与之逐渐重合;定型时间一定时,180℃张力热定型的应力—应变曲线明显高于200℃的。为进一步分析涤纶单丝张力热定型后的拉伸性能,计算图2和图3中的应力—应变曲线,得到热定型后单丝的初始模量,并进行分析,见图4。

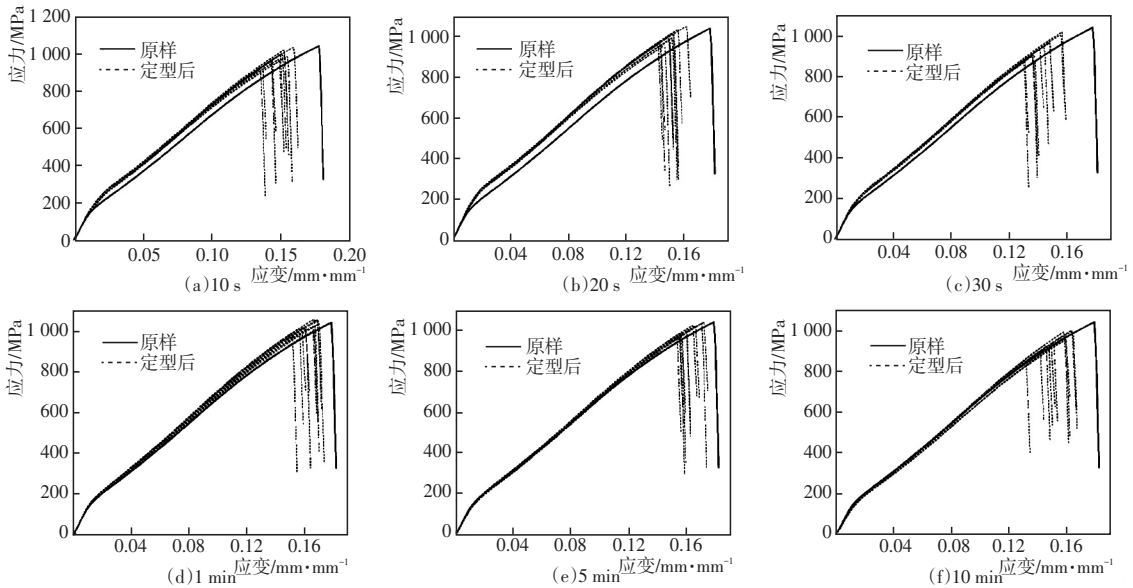


图2 张力热定型温度为180℃,经过不同定型时间后涤纶单丝的应力—应变曲线

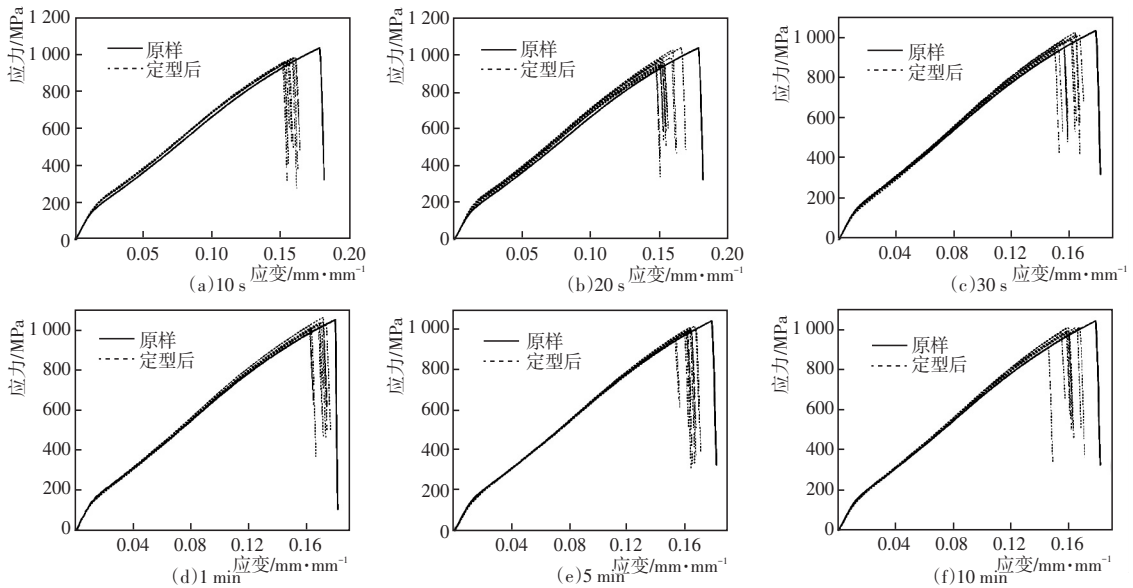


图3 张力热定型温度为200℃,经过不同定型时间后涤纶单丝的应力—应变曲线

由图4可以看出,当张力热定型温度一致,定型时间低于10s时,大分子链段间的作用力迅速减弱处于

内应力松弛阶段,初始模量增加,随后大分子在新的位置上重建、固定新的分子间键并且再结晶,初始模量继

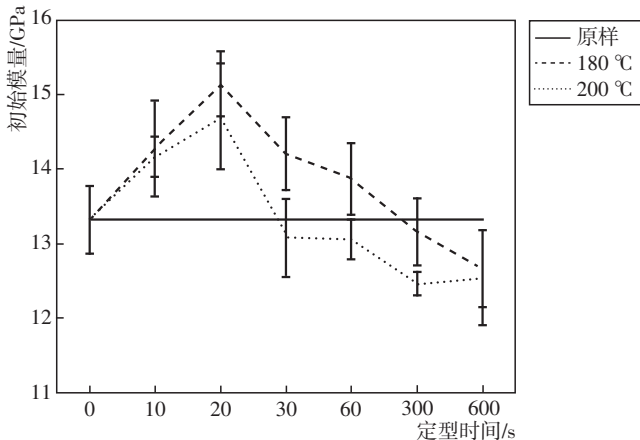


图4 张力热定型后涤纶单丝的初始模量

续增加并在 20 s 时达到最大值,此后初始模量的减小可能与取向度的变化有关;定型时间低于 20 s 时,180 °C 和 200 °C 张力热定型均使涤纶单丝的初始模量增大,但二者无显著差异;当定型时间超过 30 s 后,定型时间一致,随着定型温度的增加,初始模量反而下降,这可能与非晶区取向、结晶度以及晶粒尺寸的变化有关。温度为 180 °C、张力热定型时间为 20 s 时,涤纶单丝热定型后的初始模量最大。采用此定型工艺,可以使间隔织物的抗压性能达到最佳。

## 2.2 结晶度

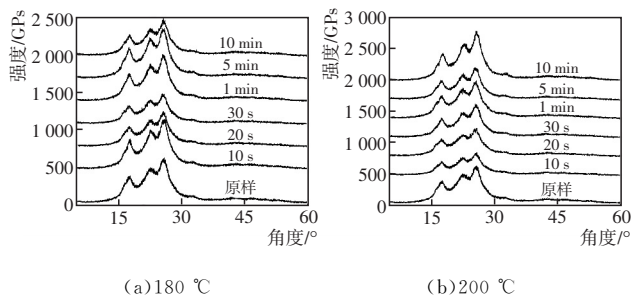


图5 张力热定型后涤纶单丝的 X 射线衍射图

图 5 给出了张力热定型后涤纶单丝的 X 射线衍射曲线图,由图 5 看出,热定型温度不变时,10 s 和 5、10 min 张力热定型后的 X 射线衍射图峰变窄、变高;热定型时间为 10 s 时,180 °C 的衍射图结晶峰高度明显大于 200 °C 的结晶峰高度,30 s 时则与之相反。

图 6 给出了张力热定型后涤纶单丝的结晶度变化,由图 6 可以看出,张力热定型使涤纶单丝的结晶度增加,导致定型后单丝初始模量先增加,但随后初始模量的下降可能与取向度等有关;1 min 时,180 °C 的结晶度大于 200 °C 的,与初始模量的变化一致,30 s 时 180 °C 的结晶度小于 200 °C 的,与初始模量变化相反。

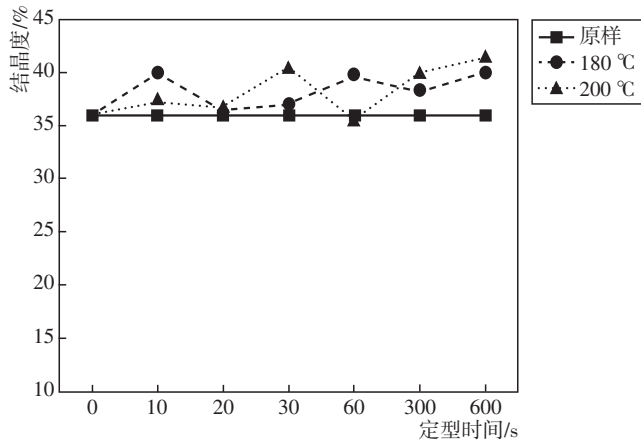


图6 张力热定型后涤纶单丝的结晶度变化

## 3 结论

随着张力热定型时间的增加,涤纶单丝的初始模量先增加后下降;180 °C 热定型后的初始模量大于 200 °C 时的初始模量,涤纶单丝在 180 °C 和 20 s 时张力热定型后的初始模量最大。张力热定型使涤纶单丝的结晶度增大,导致涤纶单丝初始模量的增加,但不能完全解释单丝初始模量的变化,有待进一步的深入研究。

## 参考文献:

- [1] LIU Y P, HU H. Compression property and air permeability of weft-knitted spacer fabrics[J]. Journal of the Textile Institute, 2011, 102 (4): 366-372.
- [2] YE X, FANGUEIRO R, HU H, *et al.* Application of warp-knitted spacer fabrics in car seats[J]. Journal of the Textile Institute, 2007, 98 (4): 337-344.
- [3] 姚渊锋. 经编间隔织物与海绵作为汽车用坐垫性能方面的研究[D]. 上海: 东华大学, 2005.
- [4] 叶晓华, 胡红, 冯勋伟. 经编间隔织物的应用与开发前景[J]. 针织工业, 2005, (2): 1-2.
- [5] 陈燕. 经编间隔织物透气性能的研究[J]. 轻纺工业与技术, 2012, 41 (2): 15-16.
- [6] 夏凤林. 经编间隔织物的抗压回弹性研究[J]. 纺织学报, 2003, 24 (4): 58-60.
- [7] 赵彤. 基于纬编间隔织物的头盔缓冲衬垫材料制备与性能研究[D]. 上海: 东华大学, 2017.
- [8] YIP J, NG S P. Study of three-dimensional spacer fabrics: Physical and mechanical properties[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 206 (1): 359-364.
- [9] LIU Y, HU H. Vibration isolation behaviour of 3D polymeric knitted spacer fabrics under harmonic vibration testing conditions[J]. Polymer Testing, 2015, 47: 120-129.
- [10] LIU Y, HU H. Compression behavior of warp-knitted spacer fabrics for cushioning applications[J]. Textile Research Journal, 2011, 82 (1): 1-12.

牢度也能有显著的提升。

### 参考文献:

- [1] 何琳,杨新春. 汽提—双效蒸发—焚烧法处理丙烯酸及酯装置废水[J]. 石化技术与应用, 2017, 35(4): 314—316.
- [2] 李海燕,肖华飞,马林,等. 丙烯酸及丙烯酸酯生产废水处理工程[J]. 给水排水, 2010, 36(3): 58—61.
- [3] 李万海,黄江丽,王红,等. 催化湿式氧化处理丙烯酸废水[J]. 吉林化工学院学报, 2007, 24(3): 3—6.
- [4] 杨海涛,周向东,王伟,等. 多羧助洗剂 P(MA-AA)的合成及应用[J]. 印染, 2008, 34(21): 22—25.
- [5] 谢敏,蒋禹旭,伍燕,等. 马来酸酐—丙烯酸共聚物在皂洗中的应用研究[J]. 针织工业, 2011, (4): 36—38.
- [6] 李艳艳,王辉,贺江平,等. 马来酸酐—丙烯酸共聚低温皂洗剂的合成[J]. 染整技术, 2015, 37(8): 37—42.
- [7] 宋庆双,郑庆康,杜高敏. 马来酸酐丙烯酸聚合物酸性皂洗应用研究[J]. 针织工业, 2013, (1): 47—50.
- [8] 陶梅香,张振,唐林生. 丙烯酸—马来酸酐共聚物的合成及助洗性能[J]. 精细石油化工进展, 2008, 9(9): 40—43.
- [9] 蒲宗耀,黄玉华,蒲实,等. 无磷耐碱高效螯合分散稳定剂的研制及应用[J]. 纺织科技进展, 2006, (6): 20—24.
- [10] 庞金兴,熊焰. 马来酸酐—丙烯酸共聚物复合无磷助洗剂的研制[J]. 武汉理工大学学报, 2002, 8(24): 45—49.
- [11] AKCAKOCA E P, OZGUNEY A T, ATAV R. The efficiency of washing agents in the post-dyeing removal of hydrolyzed reactive dye[J]. *Dyes and Pigments*, 2007, 72(1): 23—27.
- [12] CHEN K M, LIN L H, WANG C F, *et al.* Interactions between new multi-anionic surfactants and direct dyes and their effects on the dyeing of cotton fabrics[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2010, 356(1): 46—50.
- [13] 沈晓骏,冯炎龙,缪正调,等. 清洁二元共聚物多羧螯合分散剂的研制[J]. 化工生产与技术, 2013, 20(4): 34—38.

## Synthesis and Application of Acrylic Acid-Maleic Anhydride Copolymers with Acrylic Acid Wastewater

ZENG Tao<sup>1</sup>, QIU Hai-long<sup>2</sup>, SHEN Li<sup>2</sup>, ZHU Quan<sup>2,\*</sup>

(1. Guangdong Derun Textile Co., Ltd., Foshan 528306, China; 2. College of Chemistry, Chemical Engineering and Biotechnology, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** Acrylic acid-maleic anhydride copolymer (DR) was polymerized with pretreated acrylic acid wastewater as raw material. Polymerization process was optimized with the chelating abilities of Ca<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup>, removal abilities of loose colors and anti-stain properties as the evaluation indexes. DR had good anti-stain ability and loose colors removal ability to different structure dyes. DR could be a valuable anti-staining soaping agent which could enhance the color fastness of dyed fabric.

**Key words:** acrylic acid wastewater; maleic anhydride; soaping agent

(上接第 3 页)

## Study on Tensile Heat Setting Process of Polyester Monofilament

ZHANG Ye<sup>1,2</sup> LIU Yan-ping<sup>1,2,\*</sup>

(1. Engineering Research Center of Technical Textile, Ministry of Education, Shanghai 201620, China; 2. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** Polyester monofilaments were widely used in warp-knitted spacer fabrics. As the main load carrier, the mechanical properties of monofilament largely determined the compression resistance properties of the resultant spacer fabrics. The effect of heat setting on the mechanical properties and microstructure of polyester monofilament was studied. The polyester monofilament was subjected to heat setting under tension at different temperatures and times. The uniaxial tensile properties and crystallinity of the monofilament before and after heat setting were tested. The relationships between heat setting time and temperature and the initial modulus and crystallinity of the monofilament were analyzed. The results showed that with the increase of heat setting time, the initial modulus of polyester monofilament increased first and then decreased. When the heat setting temperature was 180 °C, the initial modulus of polyester monofilament was greater than that at 200 °C. Heat setting under tension increased the crystallinities of polyester monofilaments. The optimal heat setting condition was found to be 180 °C for 20 s.

**Key words:** polyester monofilament; heat setting time; heat setting temperature; initial modulus