

低沸水收缩率涤纶 DTY 网络丝的制备与工艺探讨

雷 新¹,祝成炎¹,沈惠英²,潘平平²,殷依华¹,王秀华¹

(1. 浙江理工大学现代纺织加工技术国家工程技术研究中心,杭州 310018;

2. 杭州红剑集团红山化纤有限公司,杭州 311234)

摘要:文章以涤纶 POY 纤维为原料,通过测定 DTY 网络丝的取向度和结晶度,判断取向度和结晶度对涤纶 DTY 网络丝沸水收缩率的影响,主要改变加弹工艺中牵伸比、热箱温度 H1/H2 和网络气压的参数,以制得低沸水收缩率的 DTY 网络丝。实验证明:涤纶 DTY 网络丝的沸水收缩率,随牵伸比的增大而升高,随热箱温度 H1/H2 的提高而减小,随网络气压的增大而升高,影响程度:热箱温度 H1/H2>网络气压>牵伸比。结合公司原料特性进行分析,得出制备低沸水收缩率涤纶 DTY 网络丝的最佳工艺为:牵伸比 DR 为 1.65、热箱温度 H1/H2 为 210/170℃、网络气压为 210kPa,此时涤纶 DTY 网络丝的沸水收缩率为 3.0%。

关键词:涤纶 DTY 网络丝;沸水收缩率;取向度;结晶度;加弹工艺

中图分类号:TS154.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1009—265X(2015)04—0005—04

Discussions on Preparation and Process of Polyester DTY

Interlaced Yarn with Low Boiling Water Shrinkage

LEI Xin¹, ZHU Chengyan¹, SHEN Huiying²,

PAN Pingping², YIN Yihua¹, WANG Xiuhua¹

(1. National Engineering Technology Research Center of Modern Textile Manufacturing Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Hongshan Chemical Fiber Co., Ltd., Hangzhou Hongjian Group, Hangzhou 311234, China)

Abstract: This paper mainly changes parameters of draw ratio, heater temperature H1/H2 and network pressure in texturing process so as to prepare DTY interlaced yarn with a low boiling water shrinkage with polyester POY fiber as the raw material by measuring the degree of orientation and degree of crystallinity of DTY interlaced yarn and judging the influence of boiling water shrinkage of polyester DTY interlaced yarn. The experiment proves that the boiling water shrinkage of polyester DTY interlaced yarn increases with the increase of draw ratio, decreases with the increase of heater temperature H1/H2 and increases with the increase of network pressure; in terms of the degree of influence, heater temperature H1/H2>network pressure>draw ratio. According to the analysis on characteristics of the raw material, it is obtained that the optimal process of polyester DTY interlaced yarn with low boiling water shrinkage is: draw ration DR 1.65, heater temperature H1/H2 210/170℃ and network pressure 210kPa. At this time, the boiling water shrinkage of polyester DTY interlaced yarn is 3.0%.

Key words: polyester DTY interlaced yarn; boiling water shrinkage; degree of orientation; degree of crystallinity; texturing process

0 引言

涤纶低沸水收缩纤维有收缩低、尺寸稳定性好等优点,广泛应用于箱包面料^[1]、服装面料和织带等相关领域,具有很好地发展前景^[2]。目前,国内外厂家不断地研发出低沸水收缩的涤纶普通长丝^[3-4],而对于低沸水收缩的涤纶 DTY 网络丝的研究却鲜有报道,本文以常规涤纶 POY 纤维为原料,尝试通过改变制备工艺中的参数,如加弹工艺中的牵伸比、热箱温度 H1/H2(H1 为第一热箱温度、H2 为第二热箱温度)和网络气压等,制备具有低沸水收缩率的

收稿日期:2014—10—29

基金项目:国家科技部国际合作项目(2011DFB51570)

作者简介:雷 新(1990—),男,浙江江山人,硕士研究生,主要从事化学纤维开发利用及其织物产品设计等方面的研究。

通信作者:祝成炎,E-mail:chengyanzhu@126.com

涤纶 DTY 网络丝，并探讨制备的最优工艺^[5]。

1 实验部分

1.1 原料

选取两种不同的涤纶 DTY 网络丝试样(试样 1

表 1 试样 1 和试样 2 的主要物性指标

试样	产品规格	纤度/dtex	断裂强度/(cN/dtex)	断裂伸长/%	卷曲收缩率/%	卷曲稳定度/%	沸水收缩率/%
试样 1	278dtex/95F	277.81	3.72	23.77	14.34	83.21	3.0
试样 2	278dtex/95F	274.78	3.49	24.92	13.28	79.85	3.9

红山聚酯有限公司纺丝车间生产的 POY 纤维生产涤纶 DTY 网络丝其原料相关物性指标如表 2 所示。

表 2 涤纶 POY 原料的主要物性指标

指标项目	参数值
规格/(dtex/f)	442/95
纤度/dtex	437.82
断裂强度/(cN/dtex)	2.30
断裂伸长/%	136.19
条干不匀率/%	1.12
含油率/%	0.19
热应力/cN	123.75

1.2 主要仪器与设备

YG086 型缕纱测长仪(常州纺织仪器厂有限公司);直尺及电加热式沸水浴槽;JSM-5610LV 型扫描电子显微镜;SCY-Ⅲ型声速取向测量仪;ARL_XTRA 粉末 X 射线衍射仪;日本村田 33H 加弹机(日本村田公司)。

1.3 沸水收缩率测试方法

参考 GB/T 6505—2008《合成纤维长丝及变形丝沸水收缩率试验方法》，采用绞状法测试，根据公式(1)计算沸水收缩率^[6]。

$$\text{沸水收缩率}(\%) = (L_0 - L_1)/L_0 * 100 \quad (1)$$

式中: L_0 为煮前长度, cm; L_1 为煮后长度, cm。

1.4 生产工艺流程

以涤纶 POY 为原料, 制备规格为 278dtex/95f 的涤纶 DTY 网络丝, 其工艺流程如图 1 所示。



图 1 涤纶 DTY 网络丝生产工艺流程

为目标产品, 试样 2 为红剑集团红山化纤有限公司现有产品), 通过测定其取向度和结晶度的大小, 判断取向度和结晶度对涤纶 DTY 网络丝沸水收缩率的影响, 相关物性指标如表 1 所示。

1.5 加弹工艺参数

本实验主要通过研究加弹工艺中的牵伸比、热箱温度 H1/H2 和网络气压的参数变化来研究涤纶 DTY 网络丝的沸水收缩率的变化, 试验设定的牵伸比、热箱温度 H1/H2 和网络气压的具体参数如表 3 所示, 其他工艺参数如表 4 所示。

表 3 牵伸比、热箱温度 H1/H2 和网络气压的参数值

编号	牵伸比	H1/H2/℃	网络气压/kPa
1	1.63	180/170	170
2	1.65	185/170	190
3	1.67	195/170	210
4	1.69	205/170	230
5	1.72	210/170	250

表 4 其他主要加弹工艺的参数值

工艺项目	参数值
加工速度 YS/(m/min)	700
加捻角度/(°)	105
加捻器速比 VR	1.83
第二超喂率 OF2/%	4.64
第三超喂率 OF3/%	3.84
接触压力/MPa	0.2

2 结果与分析

2.1 取向度和结晶度对纤维沸水收缩率的影响

由表 1 可知, 试样 1 的沸水收缩率为 3.0%, 试样 2 的沸水收缩率达到了 3.9%, 相同规格下试样 1 的沸水收缩率远低于试样 2。为了探讨这个问题, 本文测试了两种涤纶 DTY 网络丝的表面形貌、纤维的取向度和结晶度, 并作出了相应的分析。

用 JSM-5610LV 型扫描电子显微镜对两种试样进行图像扫描,如图 2、图 3 分别是试样 1 和试样 2 的表面形貌图。

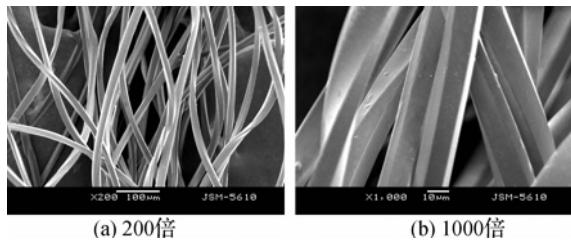


图 2 不同放大倍数下试样 1 的 SEM 照片

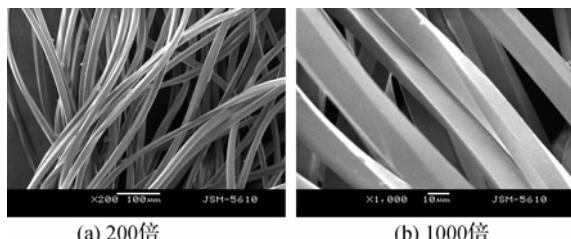


图 3 不同放大倍数下试样 2 的 SEM 照片

分析图 2、图 3 可得,两种涤纶 DTY 网络丝整体都呈现卷曲状态,单根纤维更是呈扭转状态,这是因为在生产涤纶 DTY 网络丝时,纤维不仅受到牵伸力,还受到了由于假捻器施加的一个扭转力,这使得纤维内部大分子结构发生扭曲,因此呈现了单根纤维的扭曲状态。

用 SCY-III 型声速取向测量仪测得两种试样的取向度^[7-8],其取向因子测试结果如表 5 所示。

表 5 两种试样的取向因子测试值

试样	声速取向因子 f_s	平均值
试样 1	0.117241	
	0.110740	0.112636
	0.109928	
	-0.269915	
试样 2	-0.273543	-0.271267
	-0.270342	

用消除了取向的样品粉末,在 ARL_XTRA 型 X 射线衍射仪上测试^[9],扫描速度为 $0.4^\circ/\text{min}$, 2θ 范围在 $5\sim60^\circ$,所用的管电压 38kV ,管电流 40mA 。X 射线为经过 Ni 片滤光单色化的 CuKa 射线,波长为 1.54nm ,进行广角衍射扫描,得到两种试样的广角 X 射线衍射谱图如图 4 所示,并根据公式(2)计算纤维的结晶度。

$$X = (I_{002} - I_m) / I_{002} * 100 \quad (2)$$

式中: I_{002} 为 002 面的最大衍射强度; I_m 为 $2\theta = 18^\circ$ 时衍射强度,即无定型区的衍射强度。

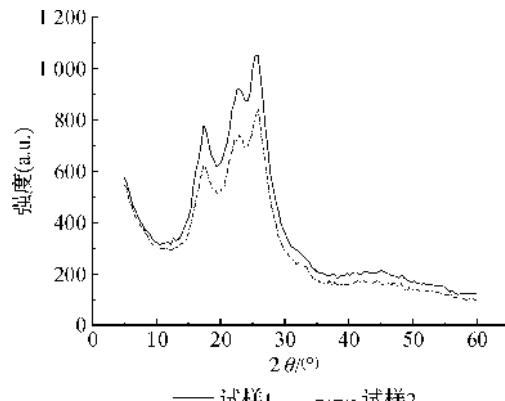


图 4 两种试样的 X 射线衍射谱图

由表 5 数据可知,同种规格的试样 1 和试样 2 相比,试样 1 的取向因子为 0.112636,而试样 2 的取向因子为 -0.271267,试样 1 的取向度远大于试样 2。

结合图 4 并根据公式(2) 分别计算试样 1 和试样 2 的结晶度 X_1 和 X_2 。

$$\text{试样 } 1: I_{002} = 1053.6318, I_m = 700.5002,$$

$$X_1 = (I_{002} - I_m) / I_{002} * 100 = (1053.6318 - 700.5002) / 1053.6318 * 100 = 33.5\%$$

$$\text{试样 } 2: I_{002} = 846.0406, I_m = 571.6370,$$

$$X_2 = (I_{002} - I_m) / I_{002} * 100 = (846.0406 - 571.6370) / 846.0406 * 100 = 32.4\%$$

试样 1 和试样 2 结晶度比较: $X_1 > X_2$ 。

分析两种涤纶纤维的取向和结晶度,试样 1 相对试样 2 来说,取向度和结晶度都较大。当结晶度增大时,纤维内部晶区增大,纤维内部较为稳定,经沸水处理后,不易收缩,故沸水收缩率低;当取向度增大时,纤维内部分子排列较为整齐,大分子链段活动性不高,较为稳定,经沸水处理后,不易收缩,故沸水收缩率较低,影响程度:结晶度 > 取向度。因试样 1 的取向和结晶度都大于试样 2,故其沸水收缩率要低于试样 2。

通过实验分析得出结晶度对于沸水收缩率的影响远大于取向度,因此,主要从结晶度的角度来调整加弹工艺中的一些参数,如牵伸比、热箱温度 H1/H2 和网络气压,以得到低沸水收缩率的涤纶 DTY 网络丝。

2.2 工艺参数对纤维沸水收缩率的影响

2.2.1 牵伸比

在其他工艺参数不变的前提下,热箱温度 H1/H2 为 $205/170^\circ\text{C}$,网络气压为 210kPa 时,改变牵伸比的大小,制备涤纶 DTY 网络丝试样,测得沸水收缩率如图 5 所示。

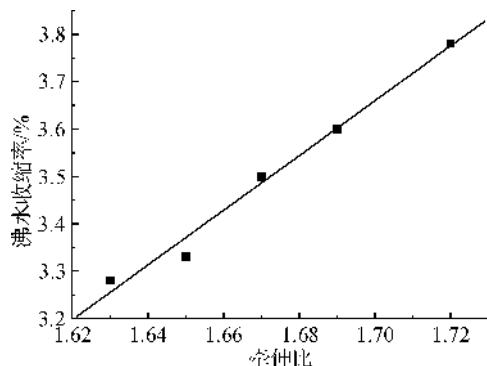


图5 牵伸比与沸水收缩率的关系

如图5所示可知,随着牵伸比的增大,沸水收缩率升高,线性拟合方程为 $y = -6.1708 + 5.7828x$, $R = 0.9925$,线性关系较好。当牵伸比增大时,纤维受到的拉伸力增大,此时纤维内部分子排列较为规则,取向度较大,但纤维内部的结晶区下降,结晶度减小,综合分析结晶度和取向度,因影响程度结晶度>取向度,故沸水收缩率上升。结合公司原料特性进行分析,判定最优牵伸比为1.65。

2.2.2 热箱温度 H1/H2

在其他工艺参数不变的前提下,牵伸比为1.65,网络气压为210kPa时,第二热箱温度H2为170℃,改变第一热箱温度H1的大小,制备涤纶DTY网络丝试样,测得沸水收缩率如图6所示。

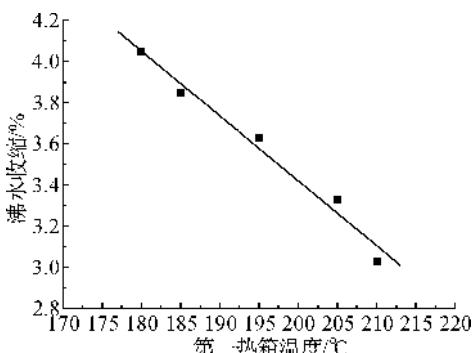


图6 第一热箱温度 H1 与沸水收缩率的关系

由图6可知,随着第一热箱温度H1的增大,沸水收缩率降低,线性拟合方程为 $y = 9.7280 - 0.0315x$, $R = 0.9888$,线性关系较好。纤维在进入第一热箱后,不仅受到了牵伸力的作用,同时还受到了由假捻器施加的扭转力,使得纤维内部结构发生了扭曲,纤维取向度降低,故沸水收缩率降低;且纤维在第一热箱内受高温作用,使得纤维内部大分子运动活跃,结晶区增大,结晶度升高,同时大分子链段活动性高使得分子取向被破坏,取向度降低,综合分析纤维的取向度和结晶度可知,随着第一热箱温度升高,纤维沸水收缩率降低。

结合公司原料特性进行分析,判定最优热箱温度H1/H2为210/170℃。

2.2.3 网络气压

在其他工艺参数不变的前提下,牵伸比为1.65,热箱温度H1/H2为210/170℃时,改变网络气压的大小,制备样品涤纶DTY网络丝,因本次实验试样为DTY轻网络丝,故取网络气压范围为170~250kPa,实验测得沸水收缩率如图7所示。

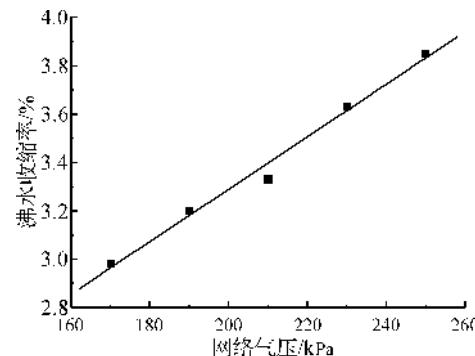


图7 网络气压与沸水收缩率的关系

由图7可知,随着网络气压的增大,沸水收缩率升高,线性拟合方程为 $y = 1.1195 + 1.0850x$, $R = 0.9939$,线性关系较好。当网络气压增大时,纤维在喷嘴内收到的侧向力增大,纤维内部大分子有序排列被破坏,取向度降低,不利于晶粒的生长,结晶区减小,结晶度降低,故沸水收缩率增大。结合公司原料特性进行分析,判定制取低沸水收缩率网络低弹丝的最优网络气压为210kPa。

3 结 论

a)选取相同规格的两种试样,测定其取向度和结晶度大小,得出制取低沸水收缩率涤纶DTY网络丝,需增大纤维的结晶度和取向度,但主要因素为结晶度大小,影响程度:结晶度>取向度。

b)根据公司试样的原料特性,在其他工艺不变情况下,改变牵伸比的大小,制备低沸水收缩率涤纶DTY网络丝,实际最优牵伸比为1.67,且牵伸比越大,沸水收缩率越大,但影响程度一般;改变第一热箱温度H1的大小,制备低沸水收缩率涤纶DTY网络丝,实际最优H1温度为210℃,且当第一热箱温度越大时,沸水收缩率降低,影响程度大;改变网络气压的大小,制备低沸水收缩率涤纶DTY网络丝,实际最优网络气压为210kPa,且随着网络气压提高,沸水收缩率上升,影响程度较大。

(下转第12页)

此,本实验选择最佳搅拌时间为2h。

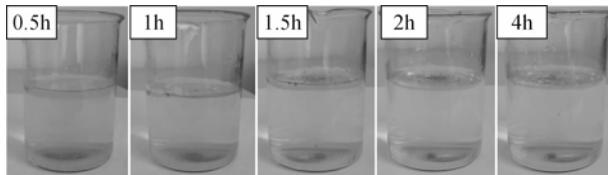


图6 搅拌时间对改性效果的影响

2.3 纳米氧化亚铜在PET中的分散性

图7为Cu₂O改性前后与聚酯切片复合挤出的SEM图。图7(a)显示,未改性纳米Cu₂O在聚酯中出现大量的团聚;图7(b)显示KH-570改性后的纳米Cu₂O在聚酯中没有出现大量的团聚,从而表明KH-570改性后的纳米Cu₂O在聚酯中的分散效果比较好。

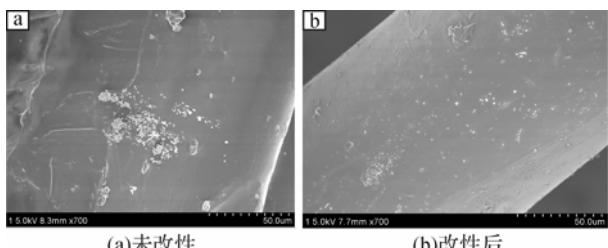


图7 改性前后纳米氧化亚铜在PET中的分散效果

3 结论

a)用KH-570改性Cu₂O,通过FT-IR、TGA、XPS等一系列手段表征,Cu₂O有机化改性成功。改性过程中KH-570最佳用量为2%,高速机械搅拌下最佳反应时间2h。

b)采用熔融共混方法,用双螺杆挤出机制备了Cu₂O改性前后的纳米复合材料。扫描电镜图表明,未改性的Cu₂O在聚酯中出现团聚现象,而经过

(上接第8页)

c)结合公司试样原料特性,综合分析牵伸比、热箱温度H1/H2和网络气压对沸水收缩率的影响,得出制取低沸水收缩率涤纶DTY网络丝的最优工艺:牵伸比为1.65,热箱温度H1/H2为210/170℃,网络气压为210kPa,此时涤纶DTY网络丝的沸水收缩率为3.0%。牵伸比、热箱温度H1/H2和网络气压对涤纶DTY网络丝的沸水收缩率的影响程度为:热箱温度H1/H2>网络气压>牵伸比,因此,主要从热箱温度H1/H2和网络气压对产品进行调控,制取低沸水收缩率的涤纶DTY网络丝。

参考文献:

- [1] 汪正贵,胡祖明.箱包布专用丝制造工艺研究[J].合成纤维,2007,36(4):38-41.

改性的Cu₂O没有出现团聚,分散效果好。

参考文献:

- [1] 王杰兴,王全杰,薛纪波,等.纳米抗菌剂的研究进展及其在制革中的应用[J].中国皮革,2012,41(21):48-54.
- [2] 李一凌.纳米抗菌材料应用研究进展[J].科技创新导报,2009,5(3):1.
- [3] 廖凯荣,陈学信,郑臣谋.轻质碳酸钙/聚丙烯共混物中聚丙烯β晶的成核结晶研究[J].高等学校化学学报,1995,16(1):143-146.
- [4] Liang J Z. Toughening and reinforcing in rigid inorganic particulate filled poly(propylene): a review[J]. J Appl Poly Sci, 2002,83(7):1547-1555.
- [5] 张玉德,刘钦甫,伍泽广,等.纳米高岭土和白炭黑硫化橡胶复合材料[J].湖南科技大学学报:自然科学版,2006,21(2):73-76.
- [6] 王训道,蒋登高.纳米CaCO₃改性丙烯酸涂料的研制[J].湖南科技大学学报:自然科学版,2006,21(3):85-89.
- [7] Chen Y C, Lin H C, Lee Y D. The effects of phenyltrimethoxysilane coupling agents on the properties of PTFE/silica composites [J]. Journal of Polymer Research, 2004, 11(1):1-7.
- [8] 陈红霞,葛明桥,李永贵,等.纳米二氧化硅在PET中分散新方法的研究[J].合成纤维,2006,35(10):32-35.
- [9] Tangchantra N, Kruenate J, Aumnate C, et al. The effect of surface modification of TiO₂ on mechanical properties of polyethylene composite film[J]. Advanced Materials Research, 2010, 93:300-303.

(责任编辑:张祖尧)

- [2] 唐杰.涤纶低收缩纤维的生产工艺探讨[J].合成技术及应用,2005,20(3):41-43.
- [3] 许晔峰.关于涤纶长丝沸水收缩率试验方法的探讨[J].中国纤检,2002(3):26-28.
- [4] 史春丽,缪旭红.仿棉涤纶长丝经编织物的沸水收缩率及其影响因素[J].纺织学报,2014(5):34-39.
- [5] 李允成,徐心华.涤纶长丝生产[M].北京:中国纺织出版社,1989:614-618.
- [6] 韩斌.涤纶DTY沸水收缩率的测定误差[J].纤维标准与检验,1991(11):19-23.
- [7] 陈霞,任夕娟.涤纶POY的结构与性能研究[J].合成技术及应用,2011,26(2):52-54.
- [8] 汪潇,王云,潘琪,等.涤纶工业丝的晶态结构与性能的关系[J].合成纤维工业,2012,35(1):35-38.
- [9] 黄锦星,施静轩,单书根,等.用X射线衍射法研究涤纶纤维微观结构[J].纺织学报,2002,23(5):259-264.

(责任编辑:陈和榜)