

# 提高166.6dtex/35f涤纶FDY染色均匀性的纺丝工艺探讨

王铁军<sup>1</sup>,张逢书<sup>1</sup>,高宝宁<sup>1</sup>,韩君炎<sup>1</sup>,李钊大<sup>1</sup>,王冬飞<sup>1</sup>,方千瑞<sup>2</sup>

(1. 荣盛石化股份有限公司,杭州 311247; 2. 浙江盛元化纤有限公司,杭州 311247)

**摘要:**从侧吹风速、上油率、热辊温度、拉伸倍率等纺丝工艺条件对166.6dtex/35f涤纶FDY染色均匀性进行探讨,并对其生产工艺进行理论分析和实践检验。结果表明:166.6dtex/35f品种的侧吹风速宜选择在0.6~0.85m/s,上油率控制在0.65%~0.8%,第一热辊温度控制在93℃左右,第二热辊温度选择137℃、拉伸倍率在3.5左右时,能够保证产品的染色均匀性和生产稳定性。

**关键词:**涤纶;全牵伸丝;条干不匀率;染色均匀性;纺丝工艺

中图分类号:TQ342 文献标志码:B 文章编号:1009-265X(2014)04-0006-03

## Discussion on Spinning Technology Improving Dyeing Uniformity for 166.6dtex/35f PET FDY

WANG Tiejun<sup>1</sup>, ZHANG Fengshu<sup>1</sup>, GAO Baoning<sup>1</sup>, HAN Junyan<sup>1</sup>,

LI Zhaoda<sup>1</sup>, WANG Dongfei<sup>1</sup>, FANG Qianrui<sup>2</sup>

(1. Rongsheng Petrochemical Group Co., Ltd., Hangzhou 311247, China; 2. Zhejiang Shengyuan Chemical Fiber Co., Ltd., Hangzhou 311247, China)

**Abstract:** This paper discusses FDY dyeing uniformity of 166.6dtex/35f polyester FDY from technological conditions of the side blowing speed, the oil content, the hot roller temperature, the drawing rate etc. The results show that the dyeing uniformity and the production stability of the product can be ensured through choosing the best technological conditions as follows: the side blowing speed: 0.6~0.85m/s, the oil content: 0.65%~0.8%, temperature of the first hot roller: about 93℃, temperature of the second hot roller: about 137℃, the drawing rate: 3.5 etc.

**Key words:** Polyester; FDY; yarn unevenness; dyeing uniformity; spinning technology

近年来,随着涤纶FDY产能的增长和扩大,市场竞争日益激烈,要在激烈的市场竞争中立于不败之地,必须把产品的质量放在第一位。纤维的染色均匀性是所有化纤企业和用户最关注的质量指标之一,也是表征涤纶长丝质量的重要指标<sup>[1]</sup>。提高FDY染色均匀性是提高产品质量的基础。针对本公司以往生产的166.6dtex/35f产品客户时有抱怨染色均匀性不佳的问题,本文从优化工艺条件着手,探讨影响FDY染色均匀性的主要因素,筛选出最佳工艺条件,以解决166.6dtex/35f涤纶FDY的染色问题。

收稿日期:2013-10-30

作者简介:王铁军(1978—),男,内蒙古赤峰人,工程师,主要从事聚酯纤维产品开发和生产研究。

## 1 试验

### 1.1 主要原料

PET熔体(特性黏度0.640~0.650dL/g,熔点260℃),端羧基含量34~38mol/t,二甘醇(DEG)含量1.15%~1.25%,浙江荣翔化纤有限公司);FDY油剂(日本竹本F1489油剂)。

### 1.2 主要设备

聚酯设备(康泰斯(杜邦)三釜);北京中丽纺丝设备;日本TMT公司卷绕设备;AIR615-10型卷绕头;瑞士产USTER-4条干仪;TEXTECHNO STATIMAT ME型纤维强伸度仪;Rs-II型喷射式染色机;判色标准:灰卡4.5级。

### 1.3 工艺流程

杜邦终聚釜—熔体过滤—静态混合—冷却器—管道增压—静态混合—纺丝箱体—熔体计量—纺丝

组件—丝束冷却—集束上油—预网络—第一热辊拉伸—第二热辊定型—主网络—卷绕机—检验定等—平衡间—包装存储。

## 2 结果与讨论

### 2.1 纺丝侧吹风风速对 166.6dtex/35f 染色性能的影响

为了使初生纤维在冷却的过程中均匀稳定必须具备理想的冷吹条件,使得一束初生纤维中每根丝条的冷却温度与凝固点都保持一致,以减少单丝间的径向差异,提高染色效果、条干均匀<sup>[2]</sup>。生产实践表明,纺速和品种不同,风速要求也不同。单丝纤度越小,初生纤维的比表面积越大,散热越快,丝束凝固点上移,但如果冷却过快,会造成丝条的表层和内层温差较大,形成所谓的皮芯结构,最终产品在染色时易产生段斑和条纹。

表 1 列出不同风速与条干均匀性及染色不匀率的关系。从表 1 可以发现,实际生产中每种规格产品都有一个合适的风速区间。风速过大,容易造成急速冷却,产生皮芯结构,同时气流过大,易形成紊流使丝条产生晃动而造成条干不匀;风速过小,初生纤维冷却缓慢或无法冷却,无法达到织造所要求的强伸度,还会因冷却不匀而导致染色不匀。风速过小,外来野风的干扰程度会加大,导致丝条晃动,从而影响条干和染色。因此要想使得初生纤维均匀稳定地冷却,形成结构均匀的丝束必须把风速控制在合适的范围内,一般来说,166.6dtex/35f 涤纶的风速范围在 0.6~0.85m/s。

表 1 风速与涤丝条干均匀性、染色不匀率的关系

风速/(m/s)	条干		染色情况
	<i>u</i> 值	CV/%	
0.6	0.89	1.21	一等品率为 100%
0.3	1.42	1.92	一等品率为 85%
0	3.75	4.6	全部降级

在纺制 166.6dtex/35f 时,侧吹风速的均匀性会严重影响产品的染色性能和物性指标。一般侧吹风的风速从上到下呈 D 型分布,但若横向各点出风不同,或同一点风速波动,会造成丝束物理指标的波动,从而造成染色不匀。因此定期清洗侧吹风系统是十分必要的,可防止杂质在过滤网和整流网上沉积而引起风速不匀,造成丝束各段之间内部结构的不同而使丝条染色有差异,产生段斑和条纹。

### 2.2 上油率对 FDY 染色性能的影响

166.6dtex/35f 的染色性能受含油率的影响。

166.6dtex/35f FDY 高速纺丝时油剂一般采用平滑性好、渗透性均匀的进口油剂。表 2 是列出了上油量与条干均匀性、染色不匀率的关系。由表 2 可以看出,含油率过高,热辊对丝束的握持力减小,摩擦力降低,丝束易在热辊上打滑,丝束抖动大,受热均匀性和染色均匀性都会有不同程度的下降,出现深色条纹,严重时会影响生产状况,造成产品 AA% 下降。文献[3]表明,第一热辊能量的 60%~70% 消耗在油剂中的水蒸发上,太高的上油率,会使油污和水蒸气的混合物加重对热辊的污染,影响热辊的使用周期。含油率过低,丝束的上油不均匀,丝条与热辊摩擦大,在高速纺丝拉伸过程中对纤维的结构损伤较大,卷绕张力波动,产生毛丝,生产状况变差,染色易出现断斑和浅色条纹。根据表 2 试验结果,该品种上油率应选择在 0.65%~0.85%。

表 2 上油率与条干均匀性、染色不匀率的关系

上油率/%	条干		染色情况
	<i>u</i> 值	CV/%	
0.78	0.91	1.21	一等品率为 99.8%
0.36	1.48	2.06	一等品率为 65%
1.18	2.16	3.21	一等品率为 47%

### 2.3 第一热辊(GR1)温度对 FDY 染色性能的影响

GR1 温度为拉伸温度,主要提供丝束牵伸时需要的能量,所以 GR1 的温度应选择在聚酯的玻璃化温度之上,一般控制在 70~98℃<sup>[4-5]</sup>。表 3 给出了 GR1 温度对 166.6dtex/35f 染色性能的影响。从表 3 可以看出,第一热辊温度对染色性能有较大的影响。生产实践表明单纤越粗、总体线密度越大,应采用的 GR1 温度越高。从我厂的实际情况看,GR1 若采用相对略低的温度会使生产状况和染色性能都有改善,但在第一热辊速度过低时,会出现因拉伸不匀而导致染色不良的现象,同时在拉伸过程中容易出现毛丝。目前该品种本厂采用 GRI 温度为 93℃。

表 3 第一热辊温度对 166.6dtex/35f FDY 染色性能的影响

项目	第一热辊温度/℃				
	82	87	93	98	105
染色一等品率/%	88.60	98.40	99.8	97.60	89.40
染色均匀性	大量染斑	微量染斑	均匀	均匀	少量染斑

## 2.4 第二热辊(GR2)速度对FDY染色性能的影响

第二热辊的速度称为拉伸速度,一般卷绕速度和牵伸倍数确定后,拉伸速度也随之确定。GR2速度与产量呈正相关,速度越高,产量越大,生产效率越高。在实际工业化大生产中,拉伸速度与卷绕速度和生产品种有关。应先确定卷绕速度,根据卷绕张力来确定拉伸速度,再确定牵伸倍数和热辊温度。本厂设备为日本TMT公司的AIR615-10型卷绕头,最高速度可以达到6 000m/min。表4给出了第二热辊速度与FDY染色性能和断头率的关系。由表4可见,若第二热辊的速度过低,纤维的牵伸不足,染色不匀,强伸度偏低,但生产状况一般;若第二热辊速度过高,容易造成断头和毛丝,生产状况不好,AA%太低。我厂目前采用的拉伸速度为4 870m/min。染色一等品率为99.88%,AA%为98.11%,状况良好。

**表4 第二热辊速度对166.6dtex/35f FDY染色性能和断头率的影响**

项目	第二热辊速度(m/min)				
	4670	4750	4860	4920	5000
染色一等品率/%	85.60	92.40	99.78	98.92	96.85
断头率	少	少	少	多	多

## 2.5 第二热辊温度及绕丝圈数对FDY染色性能的影响

第二热辊的主要作用是给经过牵伸之后的纤维定型,定型的目的是为了进一步完善纤维内部的超分子结构,提升纤维内部结晶度,降低纤维的内应力,增加纤维的强度,使得纤维达到织造需要的机械与物理性能。考察GR2温度是否合理的具体指标是纤维的沸水收缩率和条干均匀性。表5给出了第二热辊温度、沸水收缩率、染色情况这三者之间的关系。由表5可见,第二热辊温度过高或过低均会对沸水收缩率和染色性能造成不良影响。GR2温度过低,沸水收缩率偏高,丝束内部的超分子结构和结晶情况不理想,这会导致染色情况不佳;GR2温度偏高,沸水收缩率偏低,丝束强度过高,伸度过低,同时丝束在热辊的晃动加大,易造成断丝和染色不匀。表6列出了不同纺速时较合适的GR2温度。由表6可见,定型温度和纺速正相关,在品种确定的情况下,纺速越高定型温度也应越高,定型效果越好。定型的效果由定型的温度和定型时间共同决定,且定型温度和定型时间之间具有一定的互补性。

定型时间主要由GR2速度和丝在热辊上的绕丝圈数共同决定,一般GR2速度确定后绕丝圈数越多,定型时间应越长,但受设备限制,定型时间不可能无限制地延长,针对166.6dtex/35f品种本厂目前选取丝束在第二热辊上绕8圈,GR2温度137℃。

**表5 第二热辊温度对166.6dtex/35f FDY染色性能的影响**

项目	第二热辊温度/℃				
	120	125	130	135	140
染色一等品率/%	80.50	85.40	94	99.62	97.60
沸水收缩率/%	8.2	8.1	7.7	7.6	7.0

**表6 不同纺速下较为理想的第二热辊温度**

纺速/(m/min)	4500	4500	4600	4700	4850	4900
	热辊温度/℃	120	127	130	135	140
沸水收缩率/%	8.2	7.9	7.8	7.3	7.5	7.1
染色一等品率/%	98.1	99.7	100	98.9	100	99.4

## 2.6 拉伸倍数对FDY染色性能的影响

拉伸倍数是指第二热辊与第一热辊之间的线速度之比,即GR2速度与GR1速度之比。拉伸比太大,纤维容易断裂而产生毛丝;牵伸比太小,丝条在热辊上不稳定,拉伸不足,条干均匀性变差,染色性也变差。166.6dtex/35f品种属于粗纤少孔的特殊品种,整条丝束不易拉伸,需要比较高的牵伸倍率才能保证最终产品的物理性能和染色性能<sup>[6]</sup>。拉伸倍率偏低,成品布面出现明显条纹和横档,无法满足服用要求;拉伸倍率过高时,生产状况恶化,断头增加,AA%呈下降趋势,影响生产效率。试验证明,根据166.6dtex/35f品种,在热辊温度93℃/137℃的条件下,拉伸倍率一般选择在3.5左右较为合适,既能满足最终产品的物理机械性能,又能保证产品染色均匀性和生产稳定性。

## 3 结论

a) 侧吹风对166.6dtex/35f涤纶品种的染色性影响较大。单纤较粗,不易冷却均匀,一般风速选择在0.65~0.85m/s之间,同时侧吹风同一水平面的风速必须保证均匀,因此侧吹风窗的定期清洗十分必要。

(下转第12页)

律曲线的设计要求;伺服电机最大角加速度为 $15554\text{rad/s}^2$ ,许多伺服电机都能达到这个值,例如日本山洋电机P60B15300HXS,其最大角加速度 $\epsilon_{\max}$ 可求解如下:

$$\epsilon_{\max} = \frac{\text{伺服电机最大力矩}}{\text{转动惯量}} = \frac{44}{20.1 \times 10^{-4}} = 21890\text{rad/s}^2 > 15554\text{rad/s}^2 \quad (7)$$

由(7)式可知最大角加速度在许可的范围内。因此,运用MATLAB求解出的伺服电机运动规律符合工程实际应用。

图7所示的伺服电机角位移曲线可以作为电子凸轮曲线,也可成为起毛机构在ADAMS等软件中仿真的驱动曲线。

#### 4 结语

本文借助工程计算软件MATLAB,结合起毛运动规律,成功地求解出了起毛伺服电机运动规律。

(上接第8页)

b) 上油率对166.6dtex/35f品种对生产稳定和染色情况有一定的影响。试验表明166.6dtex/35f品种的上油率宜控制在0.65%~0.8%。

c) 第一热辊温度对染色性能有较大的影响。合适的第一热辊速度和温度有利于提高成品的染色性能。生产实践表明,单纤越粗、总体线密度越大,采用的GR1温度越高,166.6dtex/35f品种GR1温度在93℃左右。

d) 第二热辊速度、温度、定型时间,对FDY染色性能和拉伸性能有一定影响,同时三者之间具有一定的互补作用。单丝线密度越大,第二热辊的速度相应降低,温度则相应提高。针对166.6dtex/35f品种,GR2的速度选为4850~4900m/min,温度选择137℃,热丝圈数为8圈,这时生产状况和染色性能都能达到要求。

本研究尚有一定的不足之处,求解出的伺服电机最大角加速度偏大。在今后的研究中,可对起毛机构参数和起毛运动规律进一步优化,减小伺服电机的最大角加速度。

#### 参考文献:

- [1] 曲维平.毛巾织机构造安装与使用[M].北京:纺织工业出版社,1986.
- [2] 刘莉.纺机创新实录[J].中国纤检,2012(6):82-83.
- [3] 夏尊凤,许焰.柔性构件和柔性机构自由度分析[J].机械设计,2009,26(4):51-53.
- [4] 刘路,解晶莹.微能源[J].电源技术,2002,26(6):470-474.
- [5] 周香琴.毛巾织机起毛机构的动力学分析与设计[J].纺织学报,2007,28(8):96-99.
- [6] 石永刚,吴央芳.凸轮机构设计与应用创新[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [7] 徐永康.空间四连杆引纬机构优化及动力学仿真[D].杭州:浙江理工大学,2011:17-20.

(责任编辑:陈和榜)

#### 参考文献:

- [1] 宣一岷,黄珍.涤纶长丝染色均匀性检验中应注意的几个问题[J].聚酯工业,2005,18(1):51-53.
- [2] 穆淑华,黄象安,蒋国英.常规纺PET纤维定型后的结构变化及其与上染率的关系[J].合成纤维,1983(4):12-17.
- [3] 李允成,徐心华.涤纶长丝生产[M].2版.北京:中国纺织出版社,1995:146-198.
- [4] 石勇强.55dtex/24f高收缩涤纶直纺FDY的开发[J].合成纤维工业,2005,28(2):59-61.
- [5] 李昌华.用东丽新型拨叉式12丝并卷绕机生产涤纶FDY[J].聚酯工业,2003,16(2):49-51.
- [6] 沈新元.化学纤维手册[M].北京:中国纺织出版社,2008:145-154.

(责任编辑:张祖尧)