

# 单组分低熔点聚酯长丝的工业化生产工艺探讨

熊思维<sup>1</sup>, 殷松甫<sup>2</sup>, 殷晃德<sup>2</sup>, 庞旭章<sup>2</sup>, 陈少华<sup>1</sup>, 殷先泽<sup>1</sup>, 许静<sup>1</sup>, 王罗新<sup>1\*</sup>

(1. 武汉纺织大学 材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430073;

2. 湖北省宇涛特种纤维股份有限公司, 湖北 咸宁 437500)

**摘要:**研究了单组分低熔点聚酯长丝的工业化生产工艺和关键装置,重点讨论了切片干燥条件、纺丝工艺条件及FDY纺丝装备的热辊、上油装置改造;利用设计改造的FDY纺丝设备和特定的纺丝工艺,成功实现了低熔点聚酯长丝的工业化生产。

**关键词:**低熔点聚酯长丝;FDY纺丝;生产工艺

**中图分类号:**TQ340.63

**文献标识码:**B

**文章编号:**1673-0356(2018)06-0023-03

低熔点纤维是一种具有较低熔点的合成纤维,用作热熔型黏合材料,可取代化学黏合剂,其优点是黏结迅速、性能稳定、节约原材料、降低能耗、无三废污染,被广泛应用于产业用、服用和家用纺织品领域<sup>[1-2]</sup>。低熔点纤维按组分特点可分为单组分和复合型低熔点纤维。一般单组分低熔点纤维属于全熔型纤维,而复合型低熔点纤维使用时仅发生局部熔融<sup>[3]</sup>。

目前,复合型低熔点纤维的研究与产业化较为成熟,但单组分低熔点纤维,尤其是低熔点聚酯长丝的开发相对较弱。单组分低熔点聚酯树脂一般通过共聚法制备,然后采用熔融纺丝得到纤维。各类改性组分的添加对共聚酯的熔点和结晶性能影响较大,其纺丝成型技术难度最大,曾新等<sup>[4]</sup>利用实验纺丝机,通过FDY纺丝法制备出性能较好的低熔点聚酯纤维,但纺丝速度较低,难以工业化生产。本文在系统研究低熔点聚酯树脂特性和实现纺丝中试试验的基础上,与生产企业深度合作,通过对工业化纺丝装备的系统改造和纺丝工艺优化,成功实现了低熔点聚酯长丝的产业化生产。开发的单组分低熔点聚酯长丝纤维产业化生产技术具有生产效率高、产品质量稳定的特点,对于充分发挥低熔点聚酯纤维的特性,扩大低熔点聚酯长丝纤维产品的应用领域具有重要意义。

## 1 试验部分

### 1.1 原料和设备

聚酯切片,熔点为110℃,由中国石化上海石油化工股份有限公司提供;FDY纺丝机,由武汉纺织大学和湖北省宇涛特种纤维股份有限公司共同研发<sup>[5-6]</sup>。

### 1.2 低熔点纤维的纺丝工艺流程

FDY的纺丝工艺流程:切片干燥→熔融→纺丝→冷却→上油→拉伸→热定型→上油→卷绕。

### 1.3 低熔点纤维的性能测试

采用深圳冠亚电子科技有限公司SFY-20型水分测定仪对干燥过程中低熔点树脂切片的含水率进行测定。采用上海利浦应用科学技术研究所XD-1型纤维细度仪对试验所制得的低熔点纤维的纤度进行测定。采用上海利浦应用科学技术研究所XQ-1C型纤维强伸度仪测定纤维强度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 切片干燥条件

低熔点聚酯切片软化点远远低于水的沸点,切片受热极易黏合,如何控制切片含水率,防止切片在使用过程中再次吸湿,是实现顺利纺丝的关键技术难点<sup>[7]</sup>。对于熔点为110~130℃的未结晶聚酯切片,其干燥难度大,干燥温度过高易发生切片结团和粘壁,干燥温度过低则很难排除切片里的微量水分尤其是结构水分,导致后续成丝困难。以单组分低熔点聚酯切片为例,比较了低熔点聚酯干燥条件与干燥效果,见表1。

由表1可知,切片在真空度(表压)为-0.14 MPa条件下,采用优化后的低温程序升温干燥技术,即50~60℃干燥4 h结晶,60~70℃干燥16 h,可以有效避免了干燥时切片结团和粘壁等问题,缩短了干燥时间,

收稿日期:2018-05-22

基金项目:中国纺织工业联合会科技指导性项目(2016167)

作者简介:熊思维(1993-),男,在读硕士研究生,主要研究领域:高性能纤维。

\*通信作者:王罗新(1971-),男,教授,博士,主要研究领域:高性能纤维,

E-mail:wanglx@wtu.edu.cn.

干燥后的切片含水率可以控制在0.005%以内。

表1 低熔点聚酯(110℃)干燥条件

项目	1	2	3
干燥温度/℃	50/58/68	65	55
真空度/MPa	-0.14	-0.1	-0.08
干燥时间/h	4/5/10	72	48
含水率/%	0.005	0.011	0.01
现象	转鼓干燥没有粘连	烘箱干燥粘连严重	转鼓干燥没有粘连

## 2.2 纺丝温度

纺丝温度直接影响纺丝是否顺利,温度过高,熔体黏度过小,由自重引起的拉伸超过喷头拉伸,飘丝多,断头增加;温度偏低,熔体表观黏度过高,流动性差,纺

丝困难,难以成纤。根据低熔点聚酯流变性能的研究,分别设计了不同的螺杆加热区温度,研究了熔体挤出时的外观现象及熔体压力变化,具体结果如表2所示。

螺杆一区为进料区,温度过高,切片过早软化粘连,则容易造成环结阻料,切片无法正常输送。对于熔点为110℃的聚酯,螺杆一区温度设置为120~140℃,均能有效避免环结阻料,超过145℃,出现环结阻料。螺杆熔融段和计量段的最优温度设定为表2中的3号参数,此时得到的熔体外观均匀,纺丝过程也十分顺利。若螺杆加热区温度高于260℃,则熔体出现气泡甚至有黄变现象,纺丝过程中飘丝。

表2 螺杆挤出过程中各区温度设置与塑化效果对比

序号	一区/℃	二区/℃	三区/℃	四区/℃	五区/℃	箱体/℃	塑化效果
1	120	160	220	240	245	245	进料不顺畅,机头压力不稳定,有柱头丝现象
2	130	180	225	250	255	255	熔体外观均匀,机头压力较稳定,硬头丝现象好转
3	140	215	245	245	240	240	熔体外观均匀,纺丝过程顺利

## 2.3 纺丝速度

对于熔点为110℃的聚酯切片,首先采用低速纺丝进行试验,在最优的塑化条件下,调整侧吹风温度为25~27℃,湿度为50%~70%,控制纺速为1000~1200 m/min,顺利得到成品丝。随后逐步提高纺丝速度,最终发现,在纺丝设备进行适当改造后,随着纺丝速度提高,当第一热辊速度达到2000 m/min左右,第二热辊达到速度3800~4300 m/min时,需要调整侧吹风温度为15~18℃,湿度为60%~70%。在低熔点切片高速纺丝过程中,适当降低侧吹风温度可以加快丝条冷却,保持丝条冷却长度不要波动过大,有效避免了断头丝和毛丝问题。最后,卷绕头的卷绕速度比第二热辊速度低50~80 m/min,在此纺速下均能获得性能良好的长丝。

## 2.4 拉伸温度和倍率

对于低熔点纤维来说,适当提高拉伸温度,拉伸张力减小,大分子容易排列取向,有利于丝条形变,使拉伸顺利进行,同时可提高丝条的强度。但温度过高则拉伸张力小,大分子发生松弛,产生解取向,丝条强度反而降低,同时丝条在热辊上易滑移不稳定,且发生丝条粘连甚至断头现象。拉伸温度过低,使拉伸形变阻力大,因而产生毛丝。对于熔点为110℃的聚酯纤维,牵伸热辊温度宜控制在70~80℃之间,纺丝效果良好。

拉伸倍率主要由第一辊和第二辊的速度比决定,

但第一辊的速度对拉伸倍率的影响更大,第一辊速度提高,喷丝板处的拉伸比大,剩余拉伸就小,则拉伸倍率要相应减少,因此可从初生丝的剩余伸长来估计拉伸倍率。由于实际生产过程中希望尽可能提高生产效率,所以需要尽可能提高第一热辊速度。试验发现,纺丝卷绕最高速度达到4200 m/min左右时,第一热辊速度取1800~2400 m/min为适宜。表3为拉伸比对低熔点聚酯长丝性能的影响结果,可以看出,随着拉伸倍率的提高,丝条强度也提高,但过高的伸长比也会导致毛丝的出现,合适的拉伸比在1.8~2.0左右。

表3 低熔点纤维拉伸倍率的选择

拉伸倍率R	纤度 /dtex · (12 F) <sup>-1</sup>	强度 /cN · dtex <sup>-1</sup>	纺丝现象
1.4	56	2.18	纺丝顺利
1.8	50	2.91	纺丝顺利
2.2	43	3.02	出现毛丝、断头

## 2.5 热定型温度

纤维在拉伸后,仍处于紧张状态,热定型过程有助于纤维内分子链间的缠结点的舒解,消除纤维的内应力。FDY纺丝方法是拉伸定型一步完成,其中第二热辊起到定型作用,属于紧张热定型。由于低熔点聚酯分子结构规整性差,分子链的结晶能力非常弱,提高热定型温度依然很难显著提高聚酯纤维的结晶性能,但对成品纤维的干热收缩率有一定影响。在90、95、100℃定型温度下,成品丝的干热收缩率分别为8.2%、6.5%和3.6%。经过牵伸后的纤维具有较高的取向

度,随着热定型温度的升高,取向的非晶态分子链熵力逐渐增大,促使纤维消除应力,从而提高纤维尺寸稳定性。

## 2.6 FDY 纺丝关键装置改进

常规 FDY 纺丝设备是 1 个热辊配 1 个分丝辊(冷辊),由于纺丝过程中丝束只有半圈受热,绕的圈数越少,丝束与热辊接触时间越短,热辊加热温度就要求越高。对于低熔点聚酯纺丝,热辊温度较高时,丝束在热辊上剧烈跳动;热辊温度适当降低可以解决丝束跳动问题,但会影响牵伸定型质量,特别是一位多头高速纺时更加明显。针对上述技术难点,对现有 FDY 纺丝机上的热辊-分丝辊进行了重新设计,设计出一种多功能热辊系统。即将分丝辊设计成具有加热功能的热辊,形成热辊对,增加丝束与热辊的接触面,减少丝束在任一个热辊上绕的圈数,同时适当降低热辊温度,这样有效解决了低熔点长丝在牵伸和热定型过程中发生粘辊、断丝和丝束跳动的难题,大幅提高长丝产品质量、成品率和产量,降低生产成本。

将 FDY 纺丝系统的分丝辊(冷辊)改装为热辊后,提高了纺丝速度,纺丝过程中,牵伸之前对丝束上油(第一道油嘴)仅能保证牵伸的正常进行。丝束在牵伸后进入卷绕时,由于热定型辊温度高,丝束运动快,卷绕时丝束来不及冷却,原先残留的油剂不足以对丝饼进行很好的润滑,从而导致出现丝饼退绕粘连、毛丝多、丝束抱合性不够好的质量问题。

针对这一技术难点,对 FDY 纺丝系统的上油装置进行了重新设计,将上油装置改成两道油嘴上油。在第二热辊后增加一道油嘴上油系统,使经牵伸定型后的丝再集束冷却进入卷绕工序。第二道油嘴上油装置

具有冷却及润滑作用,能够确保卷绕和退绕的顺利进行,使产品的质量更高。

## 3 结论

(1)采用了程序升温低温干燥方法,有效控制真空度,使低熔点聚酯切片的含水率达到了纺丝要求。

(2)采用 FDY 纺丝牵伸一步法可以生产低熔点聚酯长丝,但纺丝工艺需要根据树脂特性进行设计,纺丝温度、纺丝速度、牵伸倍率、定型温度等对纤维成型影响较大。

(3)FDY 法生产低熔点聚酯长丝,需要对热辊和上油系统进行改进,通过热辊对和双上油装置的设计,结合纺丝工艺优化,实现低熔点聚酯长丝的工业化生产。

### 参考文献:

- [1] 陈佳月,张北波,王桦,等.低熔点纤维的研究进展[J].纺织科技进展,2016,(7):1-4.
- [2] 李刚.低熔点纤维与热轧非织造布[J].北京纺织,1997,(3):12-14.
- [3] 周观林,史成金,施楣梧,等.一种低熔点纤维毛巾及其加工方法:201610941186.X[P].2017-02-22.
- [4] 曾新,杨瑞玲,杨昕.低熔点聚酯纤维的纺丝工艺研究[J].合成纤维,2004,33(1):19-20.
- [5] 殷晃德.带有热辊万向调节装置的化纤纺丝机:201520838033.3[P].2016-03-16.
- [6] 殷晃德.加装了一道油嘴的化纤纺丝机:201520838142.5[P].2016-03-16.
- [7] 上海市化学纤维工业公司.涤纶生产基本知识[M].北京:纺织工业出版社,1978.

## Study on the Industrial Production Process of Single-component Polyester Filament with Low Melting Point

XIONG Si-wei<sup>1</sup>, YIN Song-pu<sup>2</sup>, YIN Huang-de<sup>2</sup>, PANG Xu-zhang<sup>2</sup>,  
CHEN Shao-hua<sup>1</sup>, YIN Xian-ze<sup>1</sup>, XU Jing<sup>1</sup>, WANG Luo-xin<sup>1,\*</sup>

(1.School of Materials Science and Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China;

2. Hubei Province Yutao Special Fiber Co., Ltd, Xianning 437500, China)

**Abstract:** The industrial production process and key device of single-component polyester filament with low melting point were studied. The drying condition, spinning process and the revamping scheme of the hot roller and oiling devices of FDY spinning equipment were discussed. The polyester filament with low melting point could be manufactured successfully by using the reconstructed FDY spinning equipment and special spinning technology.

**Key words:** polyester filament with low melting point; FDY spinning; production technology