

细旦阳离子 FDY 涤纶工艺的研究

王延伟 辛长征 梅 峰

(河南纺织高等专科学校, 郑州, 450007) (河南豫淇化纤公司)

摘 要: 研究用 TCS 法生产 22. 2dtex/24f 细旦阳离子涤纶 FDY 时, 采用合适的切片含水率、纺丝温度、冷却成形、上油率、热管温度等工艺参数时, 可纺出质量优良的细旦阳离子涤纶长丝。

关键词: 聚酯纤维 工艺过程 热管 研究

中图法分类号: TS 102. 522 文献标识码: A

随着涤纶长丝及其织物新品种的不断开发, 易染细旦长丝的开发前景愈加广阔。细旦阳离子涤纶 FDY 的上染率和染色牢度远远超过其它普通涤纶纤维, 与细旦 POY 等进行网络复合, 制得多种复合丝。用这类复合丝织造的织物外观柔软、飘逸、色泽明亮柔和, 且不易起毛球, 同时具有良好的耐日晒牢度和热固牢度, 具有较高的实用价值。本文着重研究了用 TCS 法生产 22. 2dtex/24f 细旦阳离子涤纶 FDY 的工艺条件。

1 实 验

1.1 原料及产品规格

CDP 切片: 浙江海盐产, $[\eta] = 0.576 \text{ dL/g}$, $T_m = 253 \text{ }^\circ\text{C}$, 灰份 0.49%, 凝聚粒子 0.8 个/mg; 油剂: 日本竹本公司 F-1048 高速纺油剂; 纤维产品规格: 22. 2dtex/24f。

1.2 主要工艺参数

细旦阳离子丝主要生产工艺参数见表 1。

表 1 细旦阳离子丝生产工艺参数

项 目	参 数	项 目	参 数
预结晶温度/ $^\circ\text{C}$	170	热管温度/ $^\circ\text{C}$	174
干燥温度/ $^\circ\text{C}$	167	侧吹风风速/ $^\circ\text{C}$	23 \pm 1
干燥时间/h	12	侧吹风风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	0.3
组件初始压力/ MPa	19	侧吹风风湿/ %	70 \pm 5
纺丝温度/ $^\circ\text{C}$	299	上油率/ %	0.9
卷绕速度/ ($\text{km}\cdot\text{min}^{-1}$)	4.6		

1.3 设备及仪器

英国 Rosin 公司: 预结晶/柱式干燥机; 德国 Barmag 公司: LTM10/E₃24D 螺杆挤压机; NSF 系列预过滤器; SP46 型纺丝箱体; SDM60 型纺丝-牵伸联合机; CW6 卷绕头; YG021-A 型单纱强力机; Uster-III 型条干均匀度仪; 杜邦 903 微量水分分析仪、密度梯度仪。

1.4 工艺流程

CDP 切片 → 脉冲式输送 → 预结晶 → 干燥 → 熔融

挤出 → 纺丝 → 冷却成形 → TCS 热管牵伸 → 上油 → 卷绕。

2 结果讨论

2.1 切片干燥

细旦丝在纺丝过程中易出现毛丝, 所以切片干燥的控制要比纺普通丝要求的高, 干切片含水率控制在 0.002% 以下, 干湿切片的特性粘度变化要小于 0.01 dL/g, 切片含水率高在纺丝过程中水分汽化造成单丝断裂; 切片加入了改性剂, 使 PET 分子结构规整性遭到破坏, 磺酸基团的极性和空间位阻作用, 使大分子链的活动能力减弱, 导致结晶性能变差^[1], 因此 CDP 切片熔点、玻璃化温度均比 PET 切片低, 耐热性比 PET 切片差, 所以 CDP 切片干燥的工艺比普通 PET 切片干燥的工艺难控制。另外在干燥过程中既不能使切片发生热降解、水解, 又不能使切片在高温下出现固相缩聚而增粘, 防止切片特性粘度波动大影响丝条的质量。因此, 干燥工艺温度要尽量控制低一些, 时间长一些, 风量大一些, 同时提高振动强度, 使 CDP 切片在沸腾床上有良好的沸腾效果, 打散粘连粒, 表 2 为 CDP 切片在干燥过程中的变化。实际工艺控制预结晶温度 170 $^\circ\text{C}$, 主干燥温度 167 $^\circ\text{C}$, 干燥时间 12 h, 风量 215 mm^3/h , 切片干燥效果良好, 干湿切片的特性粘度降为小于 0.005 dL/g, 切片含水率小于 0.002%。

表 2 CDP 切片在干燥过程中的变化

条件及性能	干燥时间	切片含水率	切片结晶度	特性粘度
	(min)	(%)	(%)	(dL/g)
预结晶温度 (170 $^\circ\text{C}$)	0	0.547	0.2	0.576
	10	0.38	22.8	0.576
	18	0.22	23.1	0.566
干燥温度 (167 $^\circ\text{C}$)	25	0.16	26	0.563
	360	0.0042	32	0.561
	480	0.0028	33.2	0.559
	600	0.0022	34	0.558
	720	0.002	34.2	0.558
840	0.0018	34.3	0.557	

2.2 纺丝温度

CDP 切片的特性粘度和熔点较 PET 切片低,因此纺丝温度控制也应比 PET 低;但 CDP 由于引入极性磺酸基团,增强了分子之间的相互作用,减弱大分子链的活动性,熔体的粘流活化能增大,表观粘度较 PET 高^[2],熔体流动性差,为避免喷丝头组件承受过高的熔体压力,纺丝温度应控制高一些;由于细旦纤维的单丝纤度小,单孔熔融量低,熔体停留时间长,过高的纺丝温度会使耐热性能差的 CDP 切片发生急剧的热降解,使熔体可纺性变差,因此,纺丝温度不能控制的过高。Barmag 公司开发了双联苯系统,即整个纺丝系统采用两套联苯,一套用于测量头和分配管道的加热保温,另一套用于纺丝箱体的热箱保温,为了防止熔体在管道中停留时间长所引起的过分解,螺杆各区温度及 1# 联苯锅炉温度要低一些,为了保证熔体均匀且流动性好,2# 联苯锅炉温度要高一些。纺丝温度与熔体可纺性的关系见表 3。实际工艺控制螺杆各区温度控制在 275 ~ 292 °C,1# 2# 联苯锅炉温度分别控制在 295 °C 300 °C,同时将过滤器后压力设定为 8 MPa,使熔体在螺杆挤压机中能很好的混合。在该工艺条件下,熔体粘度降为 ≤0.02 dL/g,毛丝少,熔体可纺性较好。

表 3 纺丝温度与熔体可纺性的关系

螺杆各区温度 (°C)	1# 联苯温度 (°C)	2# 联苯温度 (°C)	无油丝粘度 (dL/g)	可纺性
270 ~ 288	292	298	0.559	差
275 ~ 292	295	300	0.556	好
280 ~ 296	297	302	0.532	差

2.3 过滤材料的选择

由于 CDP 切片中杂质含量多,灰份含量较 PET 切片多一个数量级,在纺丝过程中,易堵塞滤网,使预过滤压差及组件压力上升较快,使用周期明显缩短。为了延长使用周期可采用由 15 μm NSF₃ 三芯滤芯改用 25 μm NSF₄ 四芯滤芯。这样预过滤器更换周期由原来的 3 天延长至 9 天。为了进一步提高对熔体的过滤性能,选择金属砂作为组件中的过滤材料。金属砂的不定形多孔构造,使其具有高空隙率,过滤面积增大,增强了对异物的捕捉能力;另外金属砂具有尖锐的端缘对不可过滤的胶状凝聚粒子有分割作用,使这些凝聚粒子变小、变细,从而提高熔体的可纺性能。金属砂组件升压速率较慢,使用周期比海砂组件延长一倍。

2.4 组件压力的选择

为了达到较高的熔体温度,且使热降解较小,特选择较高的组件压力,使组件压力初始状态为

19 MPa。高压可使熔体通过组件时部分势能转化为热能而使熔体温度升高,也可减小熔体因温度不匀而造成的粘度不匀,以形成较理想的熔体细流。

2.5 侧吹风

与普通纤维相比,细旦丝具有更大的比表面积,丝易于散热,冷却速度变快,凝固点明显上移,同时丝条的表层和内层温度梯度增大,丝条可能受到表层的拉伸应力的局部集中,而产生裂痕,而影响后加工性能。又由于 CDP 纤维的结晶速率慢,结晶度低,为了降低初生纤维预取向度,因此在加工细旦阳离子丝时,应适当缓和冷却条件,提高风温,降低风速,以延缓冷却速度,使塑性区延长,凝固点下移,减小喷丝头拉伸张力。但若冷却得太慢,由于熔体细流表面张力的作用,会使丝条条干不匀率增大,故冷却条件不能太柔和。冷却风速对丝条的条干不匀率的影响见表 4。经试验,侧吹风风温为 (23 ± 1) °C,风速 0.3 m/s,风湿 (70 ± 5) % 时,丝条的可纺性及产品物理指标均较佳。

表 4 冷却风速对丝条的条干不匀率的影响

冷却风速 (m/s)	条干不匀率 CV(%)
0.1	3.2
0.2	1.61
0.3	1.49
0.4	1.76
0.5	2.1

2.6 上油率

细旦丝比表面较大,若采用通常上油工艺,则使丝条表面上油不足,抱合力差,毛丝严重,易缠绕。但上油率也不能太高,如果上油率过大,就会造成丝条含油不均匀,影响纤维的染色性。实践表明,丝条上油率控制在 0.9 % 为最好。

2.7 热管温度及位置

TCS 法纺 FDY 是依靠热空气来牵伸丝条,由于丝条与热空气的摩擦力和温度协同作用,对表面积较大的丝条牵引力柔和而均匀且拉伸作用增强,所以 TCS 热管牵伸比热辊牵伸更适宜纺制细旦丝、异形丝^[3]。但 TCS 法加大了喷丝板部分的拉伸,热管拉伸变形作用小于热辊法,且拉伸变形不能单独控制,因此纤维伸长率大,强度较小。所以,在丝条拉伸变形时,热管温度、热管位置、纺丝速度设定很重要,因在高速纺丝时,丝条中的应力随纺程 X(离喷丝板的距离)的增大而增大,在不同的纺程采用热管加热,即相当于在不同的应力下加热。在一定的卷绕速度下,在丝条基本固化时再将其加热至最佳结晶温度,使丝条在一定的应力产生了取向和结晶,获得所需的力学性能^[4]。不同的热管位置对丝条力学

性质影响很大(见表5、表6)。通过实验热管温度设置为174℃时,距喷丝板高度1100 mm,纺丝速度在4.6 kg/min时,生产稳定,毛丝少,染色均匀性(灰卡)≥4级,物理指标和外观指标能够满足用户要求。

表5 热管位置对 CDP 丝条力学性质影响

热管至喷丝板距离 (mm)	断裂强度 (cN/dtex)	断裂伸长 (%)	断头次数 (次/班)
900	2.81	53	3
1000	2.95	51	3
1100	2.98	50	2
1200	3.01	48	5

表6 热管温度对 CDP 丝条力学性质影响

热管温度 (℃)	断裂强度 (cN/dtex)	断裂伸长 (%)	双折射率 (%)	结晶度 (%)	沸水收缩率 (%)
30	2.7	49	0.058	27	10
150	2.91	47	0.064	28.8	7.1
170	3.10	44	0.069	31	6.2
190	3.11	43	0.071	31.5	6
210	2.97	46	0.062	33	6

3 产品质量

通过不断优化工艺参数,对影响 CDP 纤维质量的因素采取相应调整,加工的 22.2 dex/24f 三角细旦阳离子 FDY 等物理指标见表7。

4 结论

1. TCS 法生产细旦阳离子涤纶,只要合理调整

表7 22.2 dex/24f 三角细旦阳离子 FDY 质量指标

项 目	测定值	项 目	测定值
线密度/dtex	23.4	断裂伸长/%	47
CV/%	2.1	CV/%	5.1
断裂强度/cN·dtex ⁻¹	2.99	沸水收缩率/%	6.7
CV/%	3.2	网络度/个·m ⁻¹	14
条干不匀/%	1.5	含油率/%	0.91
染色均匀性(灰卡)	≥4级		

关键技术和严格控制工艺,进行大批量生产是可行的。

2. 切片干燥的温度要控制的低一些,时间长一些,切片干燥效果可达工艺要求;选择纺丝温度299℃;组件中的过滤材料选择金属砂,组件初始状态压力为19 MPa,有利熔体可纺性。

3. 适当降低侧吹风风速,并提高侧吹风风温有利于制取内在质量优异的细旦阳离子丝。

4. 适当提高上油率可减少毛丝及断头。

5. 适当的热管温度、热管位置及纺丝速度有利于丝条的拉伸。

参 考 文 献

- 1 张树均.改性纤维与特种纤维.北京:中国石化出版社,1995:28.
- 2 刘绍诏等.纺拉一步法生产阳离子改性涤纶 FDY.合成纤维工业,1999(2):50.
- 3 张秀青.浅谈涤纶 FDY 生产新技术-TCS 一步法的特点.合成纤维工业,1996(5):41.
- 4 郭大生等.聚酯纤维科学与工程.北京:中国纺织出版社,2001:366~368.