

远红外细旦丙纶高速纺丝及变形工艺研究

陈宏军 徐晓辰 严国良 陈克权 苏英

(合成纤维国家工程研究中心, 上海 200540)

摘要: 探讨了远红外细旦丙纶高速纺丝工艺对其可纺性、纤维结构性能的影响, 研究了远红外 PP-POY 的变形工艺。结果表明, 研制远红外细旦丙纶长丝最佳的纺丝工艺条件为: 纺丝温度 258℃, 纺丝速度小于或等于 2 500 m/min, 侧吹风温度 18℃, 速度 0.4 m/s, 集束上油位置距喷丝板 920 mm; 最佳的变形工艺条件为: 第一热箱温度 145~148℃, 第二热箱温度 125~130℃, 拉伸比 1.56~1.58, D/Y 比 1.66~1.69, 变形速度 420~450 m/min。

关键词: 远红外细旦纤维 丙纶 高速纺丝 变形 工艺

中图分类号: TQ346.26

文献标识码: A

文章编号: 1001-0041(2001)04-0012-04

近年来, 远红外纤维及其织物在国内市场上走俏, 各科研生产单位纷纷兴起了研究开发远红外纤维及其织物的热潮, 这主要与远红外纺织品的特殊保健功能有关。但就远红外丙纶而言, 以短纤维品种为主, 有关高速纺远红外丙纶长丝尤其是单丝线密度为 1 dtex 左右的细旦远红外丙纶长丝的纺丝及后加工工艺的研究尚未见报道, 为填补这方面的空白, 合成纤维国家工程研究中心于 1999 年对此进行立项研究, 2000 年该项目通过了上海市新产品鉴定。目前, 已有批量生产的能力, 由 82.5 dtex/72 f DTY 所制成的功能保健型纺织品投放市场后, 受到广大用户的欢迎。该研究选择了高效的远红外母粒及降温母粒, 采用全造粒的方法, 首先制得远红外 PP, 再着重探讨纺丝工艺及变形工艺。

1 实验

1.1 原料

聚丙烯 Y2600, 上海石化股份有限公司塑料事业部; 远红外母粒 1[#]; 降温母粒 A; 油剂, 德国汉高公司生产的 A-2 型丙纶纺丝专用油剂。

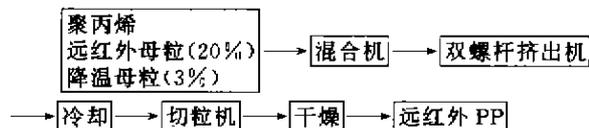
1.2 造粒设备及工艺流程

1.2.1 设备

GH-10 型高速混合机, 北京塑料机械厂;
SHJ-35 型双螺杆混炼挤出机, 上海化机四厂。

1.2.2 工艺流程

造粒温度 190~210℃, 工艺流程如下:



1.3 纺丝变形设备

德国 Karlfischer 公司单部位双螺杆复合纺丝机, SW46SSD 卷绕头; 喷丝板: $\phi 0.23 \text{ mm} \cdot 0.92 \text{ mm} \times 72 \text{ f}$, 纺丝速度 2 500 m/min; 德国 Barmag 公司 FK6V-900MF 216 锭加弹机。

1.4 测试

结晶性能 日本理学 3134 型 X 射线衍射仪, Cu 靶, 工作电压 35 kV, $2\theta = 5^\circ \sim 40^\circ$ 。

取向度 SOM-II 取向仪, 测量声波在试样中的传播速度 C_s , 试样声速取向因子按公式 $f_s = 1 - (C_u/C_s)^2$ 求得, C_u 取 1.45 km/s。

双折射 日本 Nikon 偏光显微镜。

纤度 德国 Texttechno 公司纤维测长仪。

强伸度 德国 Texttechno 公司 Statimat 型全自动强伸仪。

条干 瑞士 Uster 公司 I-C 型条干均匀度仪。

卷缩 德国 Texttechno 公司全自动卷缩仪。

收稿日期: 2000-09-29; 修订日期: 2001-03-21。

作者简介: 陈宏军(1971-), 男, 江苏姜堰人, 硕士, 工程师。从事高性能聚合物及化学纤维工艺研究, 已发表论文 10 篇。

2 结果与讨论

2.1 纺丝温度对纤维结构性能的影响^[1]

由文献[2]可知,添加降温母粒远红外 PP 粘流活化能虽略有下降,但仍然较高,而粘流活化能是纺丝熔体粘度对温度敏感程度的标志之一,粘流活化能越高,则纺丝温度的控制范围越窄,特别是纺制细旦丙纶,即使微小的温度波动,也易影响纤维的性能及纺丝稳定性,故远红外 PP 高速纺丝时,更应严格控制纺丝温度。

表 1 是纺丝速度在 2 500 m/min 时纺制远红外丙纶所得的物理性能数据。从表 1 中可以看到,随着纺丝温度增加,远红外 PP-POY 强度下降,伸度有所上升,条干不匀率先下降后上升,双折射值也略有减小,这与常规纺丝原理基本一致。由于 250℃ 接近导生联苯-联苯醚的沸点温度,温控系统稳定性差,纺丝时飘单丝现象较多,可纺性差。而温度在 265℃ 以上容易引起热降解,导致强度下降,并且飘单丝现象也随纺丝温度的升高而逐渐加剧,故一般纺丝温度控制在 258℃ 左右较佳。

表 1 纺丝温度对 POY 可纺性、结构性能影响

Tab. 1 Effects of spinning temperature on spinnability, structure and property of POY

T / °C	$\sigma / \text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	$\epsilon, \%$	条干 U 值, %	$\Delta n \times 10^{-3}$	可纺性
250	1.72	173.33	1.52	4.682	差
258	1.69	178.13	1.31	4.624	好
265	1.65	185.57	1.23	4.576	较好
270	1.54	189.36	1.26	4.535	较差
275	1.45	193.24	1.58	4.470	差

2.2 纺丝速度对远红外纤维结构性能的影响^[3]

表 2 列出了纺丝温度在 258℃ 下纺制远红外丙纶的纺丝速度对其结构性能的影响数据。

表 2 纺丝速度对纤维结构性能影响

Tab. 2 Effects of spinning speed on fiber structure and property

V / $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	线密度 / dtex	$\sigma / \text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	$\epsilon, \%$	结晶度, %	$\Delta n \times 10^{-3}$	f_s	纺程张力 / cN
1 900	177	1.55	210.29	33.7	3.982	0.308	17
2 100	160	1.66	193.21	35.5	4.515	0.364	18
2 300	146	1.67	191.84	36.9	4.574	0.400	19
2 500	135	1.69	178.13	39.6	4.624	0.422	20
2 700	124	1.72	177.73	42.6	4.914	0.453	22

从表 2 中可以看到,随着纺丝速度提高,远红外纤维强度增加、伸度下降、结晶度增加、双折射增加、取向度增加。这是由于随着纺丝速度提高,

喷头拉伸增大,纺程上轴向速度梯度增大,纺程张力提高,导致纤维取向增加,而取向又进一步诱导结晶,导致力学性能随纺丝速度增加而单调递增(试验速度范围内),这与常规熔融纺丝原理是一致的。所不同的是,聚丙烯有 α 、 β 、 γ 、 δ 及准六方等多种晶型,在加工成形过程中,往往随加工条件的变化而得到不同的晶型结构,不同纺丝速度远红外 POY 的 X 射线衍射图谱见图 1。

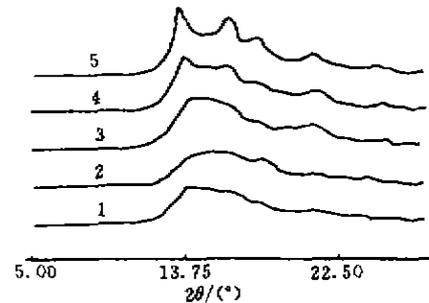


图 1 不同纺丝速度远红外 PP-POY 的 WAXD

Fig. 1 WAXD curves of far-infrared polypropylene (FIPP) POY at various spinning speed

纺丝速度(m/min): 1. 1 900; 2. 2 100; 3. 2 300; 4. 2 500; 5. 2 700

从图 1 可知,随着纺丝速度的提高,在结晶度增加的同时,纤维的晶型也在逐步发生变化,准六方晶型含量逐步降低, α 晶型含量逐步增加,当纺丝速度为 2 700 m/min 时,晶型已完全变为 α 晶型。虽然纺丝速度在 2 700 m/min 时强度较高,但纺程张力较大,丝饼退卷困难,进一步的后加工研究表明: α 晶型比较稳定,不利于后加工的进行,且所得最终产品的力学性能较差。准六方晶型是一种较为复杂且不完整的晶型,容易加工,在加工过程中逐步转化为较稳定的 α 晶型,见图 2。为保证远红外 PP-POY 的晶型为准六方晶型(为主),因此建议纺丝速度不宜超过 2 500 m/min。

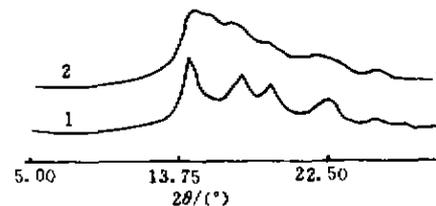


图 2 远红外丙纶 POY 与 DTY 晶型比较

Fig. 2 Crystal form of FIPP-POY in contrast to FIPP-DTY

1. DTY; 2. POY

2.3 冷却成形条件对纤维结构性能的影响

聚丙烯高速纺丝时,即使添加了降温母粒,但纺丝温度仍要高出熔点 90℃ 甚至 100℃ 以上,在冷却成形阶段,释放出比聚酯更多的热量,如果在涤纶纺丝的冷却条件下很难顺利冷却成形,故一般丙纶成形时的喷丝甬道长度大于涤纶。但由于所采用的纺丝装置主要是针对涤纶品种,很难从增加喷丝甬道的长度来适应丙纶高速纺丝的需要。实践证明,采取适当降低侧吹风温度的方法也是切实可行的,试验结果见表 3。

表 3 侧吹风温度对纤维结构性能的影响

Tab. 3 Effects of air temperature on fiber structure and property

$T/^\circ\text{C}$	$\sigma / \text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	$\epsilon, \%$	条干 U 值, %	$\Delta n \times 10^{-3}$
15	1.68	177.59	1.70	4.812
18	1.69	178.13	1.21	4.624
21	1.66	181.34	1.66	4.531

从表 3 得知,随着侧吹风温度由 15℃ 增加到 21℃,远红外 POY 的伸度增加、双折射下降,这与纤维凝固点下移、纺程张力下降有关。若侧吹风温度低于 15℃,纤维冷却速度过快,会导致喷头拉伸应力较高,容易产生毛丝且条干较高,反之,若温度高于 21℃,纤维冷却效果不好,有可能并丝,也会导致条干升高,一般侧吹风温度取 18℃ 左右为宜。

从冷却效果看,降低侧吹风温度比增大其速度效果更明显,但对纤维的性能及纺丝的稳定性的而言,侧吹风速度过大,不仅影响纤维的条干,还易引起飘单丝现象。在选定侧吹风温度的前提下,实验中研究了风速度对纤维结构性能的影响,结果见表 4。

表 4 风速度对纤维结构性能的影响

Tab. 4 Effects of air speed on fiber structure and property

$V / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\sigma / \text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	$\epsilon, \%$	条干 U 值, %	$\Delta n \times 10^{-3}$
0.3	1.71	188.12	1.78	4.536
0.4	1.73	185.17	0.96	4.632
0.5	1.72	184.42	1.05	4.665
0.6	1.69	182.13	1.31	4.732
0.7	1.70	176.24	1.63	4.785

由表 4 可知,侧吹风速度过高或过低,均导致纤维条干值偏高,在侧吹风速度为 0.4 m/s 左右,远红外 PP-POY 条干值最小,因此,侧吹风速度取 0.4 m/s 左右为宜。

2.4 集束上油位置对纤维结构性能的影响

远红外 PP 进行高速纺丝时,由于其纺程张力高于涤纶,而过高的纺程张力又不利于纤维的卷绕成形,所以一般将丝条提前集束上油,以减少纺程张力,有利于纤维的卷绕成形,提高丝饼质量,但集束位置也不宜过高,否则纤维凝固不充分,易产生并丝、毛丝等不良现象,导致纤维条干上升。选择不同上油位置进行纺丝的研究结果见表 5。

表 5 集束上油位置对纤维结构性能的影响

Tab. 5 Effects of finish location on fiber structure and property

集束上油位置/mm	$\sigma / \text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	$\epsilon, \%$	条干 U 值, %	纺程张力/cN
860	1.68	180.10	1.72	18
920	1.69	178.13	1.31	20
980	1.71	176.96	1.37	22

注:集束上油位置是指集束点距喷丝板的距离。

从表 5 可知,随着集束上油位置下移,纤维强度略有升高,伸度有所降低,纺程张力则逐渐增大,条干值在 920 mm 处最小,综合考虑以上诸因素,集束上油位置在距喷丝板 920mm 左右时最佳。

2.5 拉伸假捻变形工艺选择^[4]

拉伸假捻变形工艺的影响因素有两个热箱的温度、 D/Y 比、拉伸比、加工速度等,远红外丙纶细旦丝由于单丝纤度小,即使微小的结构缺陷在变形加工时容易放大而恶化,另外远红外 PP-POY 的条干比涤纶高,要使加弹时产生的断头率低、毛丝少,必须选择相对较低的加工速度。此外,由于远红外细旦丙纶抗弯强度低,只有在较低张力下才能充分地变形,因此拉伸倍数选择不宜过大。总之,合理的变形工艺应保证所得的 DTY 基本无毛丝、僵丝、紧点丝,且生头、退卷容易、生产过程稳定,断头率低等。

综合以上考虑因素,确定了远红外 POY 的拉伸假捻工艺,见表 6,制得 DTY 的质量指标见表 7,经织造单位的试验,所研制的远红外 DTY,织造性能良好,完全符合后加工的要求。

表 6 远红外 PP-POY 主要变形工艺条件

Tab. 6 The texturizing process conditions for FIPP-POY

纤维规格 (dtex/f)	$T/^\circ\text{C}$		拉伸比	D/Y 比	假捻张力/cN	变形速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
	I	II				
110/72	148	130	1.58	1.69	19~20	450
83/72	145	125	1.56	1.66	17~18	420

表 7 远红外 PP-DTY 纤维质量指标

Tab. 7 The quality index of FIPP-DTY

纤维规格 (dtex/D)	线密度/ dtex	线密度 不匀 CV, %	$\sigma /$ $cN \cdot dtex^{-1}$	强度不匀 CV, %	$\epsilon, \%$	伸长不匀 CV, %	KE, %	KB, %
110/72	112.0	1.89	2.57	5.00	30.40	5.0	23.00	90.00
83/72	83.5	1.58	2.65	3.13	35.80	7.3	21.00	87.00

3 结论

a. 采用高速纺丝工艺研制远红外细旦丙纶, 纺丝温度范围较窄, 温度控制需更严格, 宜将纺丝温度控制在 258℃ 左右。

b. 为使远红外 PP-POY 有利于后加工处理, 应保持其晶型结构以准六方晶型为主, 建议纺丝速度不宜超过 2 500 m/min。

c. 在非丙纶专用纺丝设备上研制远红外丙纶, 宜将侧吹风温度相应降低, 适合于该研究体系的冷却条件为: 侧吹风温度 18℃, 速度 0.4 m/s 左右。

d. 适当提高集束上油位置有利于降低纺程张力, 提高卷装质量, 较好的集束上油位置为距喷

丝板 920 mm 左右。

e. 采用本研究体系, 较好的变形工艺为: 第一热箱温度 145~148℃, 第二热箱温度 125~130℃, 拉伸比 1.56~1.58, D/Y 比 1.66~1.69, 变形速度 420~450 m/min。

参 考 文 献

- 徐卓, 邵东良, 伍凤舜等. 丙纶生产基本知识[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1983. 39~40
- 陈宏军, 徐晓辰, 严国良等. 降温母粒对远红外 PP 纤维可纺性及结构的影响[J]. 合成纤维工业, 2001, 24(3): 25~28
- 董擎之, 施英德, 陈国康等. 丙纶微细旦 POY 纺丝工艺研究[J]. 合成纤维工业, 1994, 17(2): 7~8
- 严国良, 董擎之. 异型细旦丙纶的工艺研究[J]. 金山油化纤, 1997. 16(3): 8~10

STUDY ON HIGH-SPEED SPINNING AND TEXTURIZING PROCESS OF FINE FAR-INFRARED POLYPROPYLENE FIBER

Chen Hongjun, Xu Xiaochen, Yan Guoliang, Chen Kequan, Su Ying

(The National Engineering Research Center for Synthetic Fiber, Shanghai 200540)

Abstract: The effects of spinning conditions on the spinnability, fiber structure and properties of fine far-infrared high-speed spinn PP fibers were discussed. The texturizing process for far-infrared PP-POY was also studied. The spinning conditions were optimized as follows: spinning temperature 258℃, spinning speed not more than 2 500 m/min, quenching temperature 18℃, quenching speed 0.4 m/s, the distance of 920 mm between collection finish position and spinnerette. The optimal texturizing process parameters were the first heater temperature 145~148℃, the second heater temperature 125~130℃, draw ratio 1.56~1.58, D/Y ratio 1.66~1.69, texturizing speed 420~450 m/min.

Key words: fine far-infrared fiber; polypropylene fiber; high-speed spinning; texture; technological process

CLC number: TQ346.26 **Document code:** A **Article ID:** 1001-0041(2001)04-0012-04

◀国内简讯▶

② HMB-202A 丙纶纺丝油剂 列入国家重点新产品试产计划项目

最近, 国家经贸委下达了 2001 年度国家级重点新产品试产计划项目, 浙江皇马化工集团公司 HMB-202A 丙纶纺丝油剂名列其中。

皇马公司利用自身油剂单体开发方面的独特优势, 研制成功的 HMB-202A 丙纶纺丝油剂具有良好的抗静电性、平滑性、集束性, 能有效地改善纤维的可纺性, 且润湿性好, 对纤维无膨润, 对母料染色丝无移染性, 其主要技术性能指标达到国外同类产品水平, 广泛适用于丙纶复丝、变形丝及异形丝的生产。

(浙江皇马化工集团 陈松堂 供稿)