

⑪

# 细旦丙纶 POY 生产工艺探讨

52-55, 59 胡芳(贵阳丝普纶化纤有限责任公司 550018)

## 摘要

本文主要从分析工艺条件及参数的控制出发,对细旦丙纶 POY 的生产技术进行探讨,了解这些参数对 POY 的结构和性能的影响,从而为寻求最佳化的工艺参数指明方向,以求正确指导细旦丙纶 POY 的生产。

关键词 丙纶 POY 细旦 工艺 聚丙烯纤维, 细旦纤维,

TQ342.62  
TQ342.93

细旦、微细旦丙纶长丝取材容易,原料价格较低,是现有化纤种类中极具发展前途的功能性纤维,用其制成的服装被誉为“人体空调器”,市场潜力极大。它是我国纺织工业“九·五”重点发展的高新技术差别化、功能化化纤项目。

由中国科学院化学研究所推出的细旦、微细旦丙纶长丝生产技术是运用专利配方对常规聚丙烯树脂进行改性,采用 POY - DTY 两步法高速纺丝—拉伸变形工艺路线进行工业化生产。

贵阳丝普纶化纤有限责任公司与中科院化学所签定了从树脂改性到成品长丝生产合作合同,第一条生产线 1996 年 12 月投入试车,1997 年 3 月开始试生产,到同年 10 月即生产了 750 吨成品长丝,产值 1246 万元,销售收入 986 万元。该产品商品名为丝普纶 (SILPRON)。

丝普纶织物具有以下特点:独特的芯吸效应(即沿纤维轴向的导湿性最佳);优异的疏水性,保持人体干爽舒适;手感柔软,悬垂性好;在各种化纤中比重最小,制成同样厚度的织物,用丝量最少,可降低成本;导热系数最低,为  $(8.79 \sim 17.58) \times 10^{-2} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$ , 保暖性比羊毛还好。

本文以 83 dtex/72f 丙纶 POY 为例,对其生产工艺进行初步探讨。

## 1 试验

### 1.1 原料

聚丙烯树脂:北京燕山石化生产,牌号 2401, MI = 3g/10min, 窄带、单丝级

改性助剂:中科院化学所专利配方配制

### 1.2 主要设备

FBN310 型干燥机,郑州中原干燥设备有限公司生产;HYFD 高速熔融纺丝机,大连华阳化工化纤新技术工程公司生产;CW6T - 920/6 卷绕机,德国 Barmag 公司生产;YG - 023 型强伸仪,常州第二纺织机械厂生产。

### 1.3 工艺流程

PP 树脂 + 改性助剂 → 改性造粒 → 储料罐 → 筛选 → 称量、包装 → 真空吸附上料 → 干燥塔 → 螺杆挤压机 → 预过滤器 → 纺丝箱体 → 计量泵 → 组件 → 侧吹风冷却 → 喷嘴上油 → 雨道 → 第一导丝辊 → (网络喷嘴) → 第二导丝辊 → 卷绕

### 1.4 工艺条件

83 dtex/72f 丙纶 POY 纺丝工艺条件见表 1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 干燥

与聚酯切片干燥不同的是聚丙烯改性切片的干燥不需要进行预结晶。这是因为我们

采用的聚丙烯等规度大于 95%，其结构规整，是典型的线性高结晶性聚合物，改性造粒后聚丙烯已具有一定的结晶度，其软化温度在 120 ~ 150℃ 范围内，正常干燥条件下，在干燥塔内不会发生粘连、结块。

表 1 83 dtex/72f 丙纶 POY 纺丝工艺条件

干燥温度(℃)	90	泵供量(g/min)	21.58
熔体温度(℃)	268	油剂浓度(%)	8
联苯温度(℃)	270	油泵转速(r/min)	28
预过滤器后压力(MPa)	8.0	导丝辊 1 速度(m/min)	2650
侧吹风	风速(m/s)	导丝辊 2 速度(m/min)	2640
	风速(℃)	卷绕角(°)	5.6
	湿度(%)	卷绕速度(m/min)	2600
计量泵转速(r/min)	12.26	落丝时间(min)	230

聚丙烯大分子链上不含有极性基团，其吸水性极差，吸水(24h)小于 0.01%<sup>[1]</sup>，对于干燥条件的要求不苛刻。而且水分对聚丙烯热氧化降解影响不大<sup>[2]</sup>，通常干燥条件控制在温度 85 ~ 95℃，时间 3 ~ 4 小时，干空气露点小于 -80℃，即可达到纺丝要求。

## 2.2 纺丝温度

在 PP 熔体制备过程中，会发生热氧化降解<sup>[2]</sup>，降解反应随着熔体温度的升高和停留时间的延长而明显加剧，因此，需要严格控制温度(>300℃)和停留时间(<14min)。

由于高速纺丝要求熔体有良好的流动性和均匀性，而聚丙烯熔体在其熔点附近粘度较大(300Pa·s 以上)<sup>[3]</sup>，熔体流动性差，因此纺丝温度一般要高出熔点 80 ~ 100℃ 才能使其熔体具有必要的流动性并顺利进行纺丝。通常聚丙烯的 MI 是决定纺丝温度的直接因素，经改性后聚丙烯的熔融指数(MI)为 60 ~ 80g/min，熔点在 170℃ 左右，熔体温度宜控制在 259 ~ 270℃。丝普纶纺丝温度的选择原则是在保证产品质量和生产稳定的条件下，尽量采用较高温度。在这种情况下，熔体细流在结晶发生前具有较大的流动性，初生纤维

的预取向度低，且形成不稳定的碟状液晶结构，可以采用较高的后拉伸倍数，获得高强力纤维<sup>[1]</sup>。

熔体温度与生产效果情况见表 2；挤出机螺杆温度分布见表 3。

表 2 熔体温度与生产效果比较

熔体温度(℃)	255	275	268
箱体温度(℃)	256	277	270
纺丝状况	毛丝,断头多	注头丝,飘丝,断头多	良好

注:改性聚丙烯 MI 61g/10min; POY 规格 83 dtex/72f

表 3 83 dtex/72f 丙纶 POY 纺丝螺杆各区温度表(℃)

一区	二区	三区	四区	五区
260.0	262.0	264.0	266.5	268.0

## 2.3 组件和喷丝板

### 2.3.1 组件装配

组件的过滤介质由海沙与多层金属过滤网组成，其扭力矩为 1000kg·cm，初始压力 8MPa。适当的初始压力可以使熔体表观粘度下降，有利于消除弹性效应，提高可纺性。通常起始压力设计为 6 ~ 8MPa，更换压力为 18MPa。

### 2.3.2 喷丝板孔径及长径比

丙纶熔体粘度大，且非牛顿性强，与涤纶相比其极限剪切速率较低，挤出胀大率较大，可纺性较差，选择好喷丝板孔径和长径比等是纺细旦丙纶丝的关键之一。其选择要依据熔体在毛细孔中流动的剪切速率规律。

聚丙烯是典型的假塑性流体，高速纺丝条件下，PP 熔体通过喷丝孔的剪切速率为  $10^3 \sim 10^4$  数量级，随着剪切速率的提高，从入口区到孔流区缠结的高分子链段被解开并且来不及重新恢复(PP 的松弛时间  $\tau$  长达 100 ~ 700ms，而流经喷丝孔道的时间约为 0.1 ~ 100ms<sup>[2]</sup>)，这样就阻止了链段之间相对运动，内摩擦力减小，可使熔体粘度降低二至三个数量级，即产生剪切稀化作用。可见 PP 熔体表观粘度与剪切应力有反比关系，在一定范围内剪切应力的增加是有利于纺丝进行的。因此喷丝板孔径的减小有利于提高可纺性；但是如果孔径太小，造成熔体受到的剪切速

率及剪切应力过大,则会造成熔体破裂。聚丙烯熔体剪切速率必须控制在  $1 \times 10^4$  数量级内<sup>[4]</sup>,据此丝普纶高速纺喷丝板的孔径  $\Phi$  在 0.3~0.45mm 范围内均可纺丝。

聚丙烯挤出物胀大的研究表明:胀大率随剪切速率显著增大,并引起更大的弹性能储存;胀大率随长径比  $L/D$  的增大而减小<sup>[3]</sup>。可见增大长径比有助于弹性能的松弛,减轻出口处的弹性胀大,纺丝较为稳定。但喷丝孔径愈长,制造愈困难,一般  $L/D$  应在 2~4 范围内。试验证明,采用  $\Phi = 0.3\text{mm}$ 、 $L/D = 2.5$  的喷丝板纺 83 dtex/72f 丙纶 POY 是适宜的。

## 2.4 侧吹风条件

冷却成形是 PP 熔体纺丝的重要过程之一。在离喷丝板 50~100cm 的区域内,PP 尚处于粘流态,外界条件的变化会影响初生纤维的内在质量,而冷却条件的变化对丝条均匀性影响更大。均匀性在宏观上主要是指丝条的直径、强力、延伸度等;微观上则是指丝条的取向度和结晶度。因此,维持外界条件的稳定性对纺丝过程非常重要<sup>[5]</sup>。

### 2.4.1 侧吹风风速对 POY 性能的影响

在侧吹风风速、风温、相对湿度三个因素中,以风速及其均匀性对 POY 条干不匀率、伸长率、伸长不匀率影响最大。提高风速,可加快熔体细流的凝固,凝固点向喷丝板方向移动,形变区缩短,熔体凝固前受到的拉伸取向作用减弱,同时较快的冷却速度和较弱的取向度使晶区没有足够的时间增长,获得的结晶度较低,这将有利于提高和改善 POY 的拉伸性能。但风速不能任意提高,风速过大会形成湍流,使丝条产生振荡或飘动,当振幅达到一定程度时就会传递到固化区上方,使初生纤维条干不均匀。同样侧吹风风速不均匀和不稳定,也会造成纤维的不匀率增加。可见良好的吹风条件应是风速适当,气流的层流性要好,风速在  $(0.3 \sim 0.5) \pm 0.02\text{m/s}$ 。

侧吹风的风压影响风速,风压过低时风速大幅度降低;反之,风压过高时将引起丝条

的湍动和振荡,实践表明风压在 400~500Pa、风压变化  $\Delta P$  和风压  $P$  的比  $\leq 0.005$  时,风速稳定,波动小。

### 2.4.2 风温、风湿的影响

改性聚丙烯熔点约 171℃,  $T_g$  较低,一般在 -10℃ 以下,120℃ 左右结晶速度最快。熔体从喷丝板喷出时温度在 260℃ 左右,因此丝条冷却比涤纶困难,需要较低的风温,使丝条停留在 120℃ 附近的时间越短越好,这样取向和结晶程度减小,有利于 POY 的后加工。

风温的控制要稳定,一般在 12~20℃ 范围内,尽可能实现低温控制。

聚丙烯的平衡吸湿  $< 0.01\%$ ,温度对聚丙烯熔体吸湿没什么影响。只是随着冷却风相对湿度的提高,冷风的比热容和热容量将会增加,热吸收量随之增加,从而提高冷却效果,并且减小丝条产生的静电。通常控制在 60RH% 左右。

试验结果表明,成形过程中冷却速度对 PP 纤维质量有很大影响。若冷却较快,纺丝得到的初生纤维结构是不稳定的碟状液晶结构,可以采用较高的后拉伸倍数,从而获得高强度纤维;如冷却缓慢,则得到的初生纤维是稳定的单斜晶结构<sup>[1]</sup>,后拉伸加工困难。为配合冷却,环境温度以偏低较好,一般在 12~18℃ 范围。

## 2.5 纺丝集束位置的影响

### 2.5.1 垂直方向集束位置

通常沿垂直方向集束位置选择在离喷丝板 1.0m 以远的位置,集束时丝条已经凝固,当改变位置时,由空气摩擦阻力引起的丝条张力产生变化,垂直距离愈短,张力愈小。张力的变化对纤维力学指标影响甚微,但是过高的丝条张力不利于卷绕成型,尤其是高速纺比表面积大的细旦丝时,由空气摩擦引起的丝条张力非常大,因此必须将集束位置适当提升。

### 2.5.2 水平方向集束位置

水平距离(喷丝板中心到集束点)的微小

变化,会引起纺丝张力很大变化,水平距离与张力成正比,一般选择 14cm 左右距离。

纺制丝普纶 POY 时,由空气摩擦力引起的丝条张力可通过改变集束位置使之降低。聚丙烯是玻璃化温度很低的聚合物,从理论上讲,只要处于  $T_g$  以上环境,聚丙烯中非晶区就具有松弛活化能。当未经松弛的丝条被高速卷绕到卷装上时,丝条内含有的热不会瞬间消散,这就给聚合物非晶区分子链、链段提供了活化能,必然使之产生松弛,宏观上就表现为丝条收缩,从而产生较大的张力,使卷装内芯受到极大收缩力的作用,圆柱型卷装发生变形,其端面凸起,严重时筒管被挤压在卡盘上无法推出,出现所谓“抱筒”现象。我们主要采取控制松弛的办法来解决,具体是采用导丝盘来调节卷绕张力,给予一定的超喂率,使丝条在卷绕前得以松弛收缩。超喂率一般在 2% 左右。同时使丝条充分冷却,尽快固化分子链和链段,这也是要求侧吹风温度和环境温度较低的主要原因。

### 2.6 高速卷绕成型

丝普纶高速纺丝的关键之一是高速卷绕成型。不良的卷绕成型不仅会影响 POY 的性能和造成运输过程中塌边,而且会影响拉伸变形过程中 POY 原丝的退绕性、假捻张力稳定性等。正确控制卷绕参数对得到良好的卷装十分重要。

对卷装的要求基本与涤纶一致。

对于纤度低的丝普纶 POY 来说卷绕速度在 2600 ~ 3000m/min 范围内选取,83dtex/72f 丙纶 POY 以 2600m/min 卷绕,纺丝稳定。

一般选择卷绕角在  $5^{\circ}35'$  ~  $6^{\circ}30'$  范围内。

超喂对调节丙纶张力十分必要,导丝辊 1、导丝辊 2、卷绕辊速度分别为 2650、2640、2600m/min,依次超喂率是 0.4% 和 1.5%。

## 3 产品性能指标

我公司采用中科院专利配方生产的 83-dtex/72f 细旦丙纶 POY 各项物理指标均符合

公司标准 Q/GSPL12 - 1996(细旦、微细旦丙纶长丝,目前还没有部省标准),达到一等标准(见表 4)。

表 4 83dtex/72f 细旦丙纶 POY 主要物理指标

项目	标准	实测指标
线密度偏差(%)	$\pm 2.0$	1.10
线密度 CV 值(%)	$\leq 0.80$	0.71
断裂强度(CN/dtex)	$\geq 2.40$	3.38
断裂强度 CV 值(%)	$\leq 6.00$	5.8
断裂伸长率(%)	$M^* \pm 8.0$	147.4
断裂伸长率 CV 值(%)	$\leq 7.00$	5.57
条干均匀度 CV 值(%)	$\leq 1.60$	1.53
沸水收缩率(%)	$< 5$	2.0

\* M 在 120 ~ 180 范围内选取

## 4 结论

1. 细旦、微细旦丙纶的生产工艺流程与涤纶大体相似,仅不需要预结晶工序。但工艺条件与涤纶不尽相同,因其熔体粘度高,临界剪切速率低,丝条收缩严重,生产难度较大。

2. 生产细旦丙纶 POY 时,为改善可纺性,应在保证产品质量的前提下,尽量采取较高的熔体温度,以降低熔体剪切应力,防止发生熔体破裂。

3. 为降低丝条张力,适当提升垂直集束位置及缩小水平集束位置是十分必要的。

4. 纺丝过程中,熔体细流较之涤纶难以冷却,且结晶速度快,必须强化冷却条件,采用较低的冷却风温和环境温度,丝条尽快冷却到  $120^{\circ}\text{C}$  以下。

5. 为降低丝条收缩带来的巨大张力,合理采取一定的超喂率是确保形成良好卷装的关键。

### 参 考 文 献

- [1] 董纪震等编. 合成纤维生产工艺学. 中国纺织出版社
- [2] [美] 马克塔·阿麦德. 聚丙烯纤维的科学工艺. 纺织工业出版社
- [3] 中国科学技术大学高分子物理教研室编. 高聚物的结构与性能. 科学出版社
- [4] 王兴天主编. 注塑成型技术. 化学工业出版社
- [5] 化纤机械设计原理. 纺织工业出版社

(下转第 59 页)

基准,节省了反复织袜的繁琐。需要注意的问题是,在做 DTY 的染色值与沸水收缩率和卷曲收缩率相关线时,不同规格的产品应分

别作图,作图使用的数据应收集生产稳定时的测试结果,而且数据量要足够多。

## ON THE RELATIONSHIP BETWEEN DYEABILITY AND SHRINKAGE PROPERTIES OF PET SET YARN (DTY)

Zheng Yi (Tianjin Petrochemical Complex.)

### Abstract

It is expounded and proved that the dyeability and shrinkage in boiling water as well as shrinkage crimping of DTY are strongly in positive correlation. How to use these relations to guide the production is expounded.

~~~~~

(上接第 55 页)

## EXPLORATIONS ON THE PRODUCTION PROCESSES OF FINE DENIER POLYPROPYLENE POY

Hu Fang (Guiyang Silpron Chemical Fiber Co. Ltd.)

### Abstract

From the viewpoint of controlling the processing parameters, the production technology of fine denier polypropylene POY is explored. The effects of the parameters on the structure and properties of the POY are analysed, thus the optimal processing condition is found.

### 欢迎订阅 2000 年 《针织工业》

《针织工业》是唯一国家级针织专业期刊,创刊于 1973 年,主要报道针织与染整方面的新技术、新工艺及针织新产品开发研究情况,以推广应用技术为主,注重针织工艺理论与生产实践相结合,技术与经济相结合,是针织工程技术人员、管理人员及纺织院校师生必不可少的读物。

本刊 2000 年改为国际标准大 16 开本,改版后的《针织工业》将进一步丰富内容,增大信息量,提高印刷质量。

《针织工业》系双月刊,国内外公开发行。国内统一刊号为 CN12-1113/TS,广告经营许可证号 1201044000113。邮发代号 6-24,每期订价 7.5 元,全年共计 45 元(含邮费),请广大读者在当地邮局订阅,亦可向编辑部直接订阅。

地址:天津市南开区鹊桥路 25 号

《针织工业》编辑部

邮编:300193

电话:022-27384456、27411594

传真:022-27384456

### 欢迎订阅 2000 年 《合成纤维工业》

《合成纤维工业》是国家科委批准发行的合成纤维专业科技杂志,由中国石化集团公司合成纤维科技情报中心站、岳阳石油化工总厂研究院主办,并从 1998 年开始与合成纤维国家工程研究中心联合办刊。

《合成纤维工业》主要报道合成纤维及其原料、单体、聚合纺丝、纤维油剂、纤维加工应用方面的新品种、新工艺、新设备、新材料研究开发及计算机管理、控制软件的科研成果;生产中的挖潜、改造、三废处理以及助剂方面的技术成果。并刊登合成纤维(包括单体)产品介绍,各类合纤设备、仪器仪表及原材料助剂,科技成果转让,技术服务,科技书刊征订等信息。

《合成纤维工业》为大 16 开本,72 页,国内外公开发行,国内邮发代号 42-21。每本订价 6.5 元,年单价 39.0 元。欢迎读者到当地邮局订阅!尚有少量 1990~1998 年过刊合订本,需订过刊者请与编辑部联系。

编辑部地址:湖南省岳阳市云溪区

岳阳石油化工总厂研究院内

邮政编码:414014

电话:(0730)8482342

传真:(0730)8482362

E-mail: hexwgy@public.yy.hn.cn