

# 利用扁带级聚丙烯切片纺制粗旦丙纶 (FDY)长丝

王敏惠 邹超贤 梁丽明

(广西化学纤维研究所 南宁 530022)

本文探讨了利用扁带级聚丙烯切片纺制箱包带用粗旦丙纶长丝的工艺。提高纺丝温度,增加拉伸倍率和合理分配一、二级拉伸比是技术关键。

关键词:扁带 纺丝 粗旦丙纶

聚丙烯切片, FDY长丝, 扁带级, 纤维,

## 前言

丙纶由于具有优良的物理性能和化学稳定性,原料价廉易得,近年得到迅速发展,我国年增长率在12%左右,广泛应用于无纺布、针刺地毯、簇绒地毯、香烟滤咀、工业滤布、安全带(网)、箱包带、装饰布和服装用织物等。

粗旦丙纶属中低档长丝,适用于织箱包带、时装饰带、安全带(网)、工业滤布和装饰布,其生产方法有三种:

①传统的三步法。由UDY纺丝、DT拉伸加捻和络成宝塔形筒子三道工序组成。该法生产工艺较温和,丝条质量较好。

②纺丝牵伸一步法(FDY法)纺制全套牵伸丝,再在倍捻机上加捻络丝,两步法生产筒子的圆柱形有捻丝。

③紧凑型纺丝牵伸一步法。在纺丝牵伸联合机上纺丝,直接拉伸经压缩空气吹捻网络后卷绕成圆柱形FDY丝饼出厂。该工艺具有设备少,生产流程短,单耗、能耗低和省劳力的优点,产品质量满足织带业要求。

通常,生产粗旦丙纶的原料为纤维级聚丙烯切片。为了拓宽原料来源,降低生产成本,提高工厂经济效益,本文探索以价格较纤维级切片低约10%的扁带级切片为原料,经纺丝牵伸一步法工艺,生产1000分特/90F丙纶全套牵伸丝的条件。

## 1 工艺路线及生产条件

### 1.1 工艺路线

聚丙烯(PP)切片  
色母粒、降阻母粒

→ 耙式切片混合机混合 → 原料贮槽 → 真空

吸料 → 切片高位料斗贮存 → 螺杆挤出机熔融 → 预过滤 → 熔体分配管 → 计量泵计量加压 → 纺丝头挤出 → 侧吹风冷却 → 上油 → 一级拉伸 → 二级拉伸 → 热定型 → 吹捻网络 → 卷绕 → 检验分级 → 成品。

### 1.2 生产设备构成

耙式混料机:50公斤/釜,9转/分。

真空吸料机:KL140,3.5米<sup>3</sup>/分,18900Pa,韩国金石(kum seok)机械公司产。

螺杆挤出机:HE65-L/D28,φ65,L/

D=28。韩国金顶(Jum Limited)纺机公司产。

计量泵: BAS20-42, 20CCrpm, 日本川崎精工机器产。

喷丝头:  $\phi$  129板2束丝, 孔径 $\phi$  0.5,

L/D=1:1。

$\phi$  129板2束丝, 孔径 $\phi$  0.4, L/D=3。

拉伸辊: 三对 $\phi$  160 $\times$ 180辊, 绕6圈, 温度60—150 $^{\circ}$ C, 每对辊一个测温点, 位式控制。

网络器: PPF-1000, 开启式, 杭州商院。

卷绕头:  $\phi$  94 $\times$ 125L $\times$ 2, 锭子主动张力控速式, 双丝并独立变频调速。

### 1.3 生产流程工艺设备配置示意图(见下页)

### 1.4 测试仪器

熔融指数仪: XRZ-400S, 上海产。

缕纱测长机: YG086, 常州纺织机械厂。

分析天平: DT-100, 北京光学仪器厂。

强伸仪: YG361, 上海第七纺机厂。

测风仪: EY3-2A, 天津海洋气象仪器厂。

测温仪: TES-1310, 台湾泰仁电子仪器。

### 1.5 原料

为了便于对照比较, 列举韩国产(HONAM OIL REFINERY)H650纤维级切片, 扬子石化F401扁带级切片的生产工艺。两种切片主要品质指标见表1。

表1 聚丙烯切片主要品质指标

| 项目                       | 单位                 | 扬子 F401 | 韩国 H650 |
|--------------------------|--------------------|---------|---------|
| 熔融指数                     | g/10min            | 2.5     | 12.9    |
| 密度                       | g/cc               | 0.91    | 0.90    |
| 抗张强度                     | kg/cm <sup>2</sup> | 350     | —       |
| 断裂伸长                     | %                  | 500     | —       |
| 抗曲模量                     | kg/cm <sup>2</sup> | 17000   | —       |
| 软化点(维氏)                  | $^{\circ}$ C       | 160     | 155     |
| 变形温度(66PIS) $^{\circ}$ C | $^{\circ}$ C       | 110     | —       |
| 备注                       |                    | 产品指标    | 自测值     |

## 2 生产工艺及讨论

### 2.1 主要工艺参数及结果

以不同原料和配比生产粗旦丙纶全牵伸丝, 工艺参数必须相应调整, 产品的物理指标也有差异, 详见表2。

表2 原料、主要工艺参数、产品指标

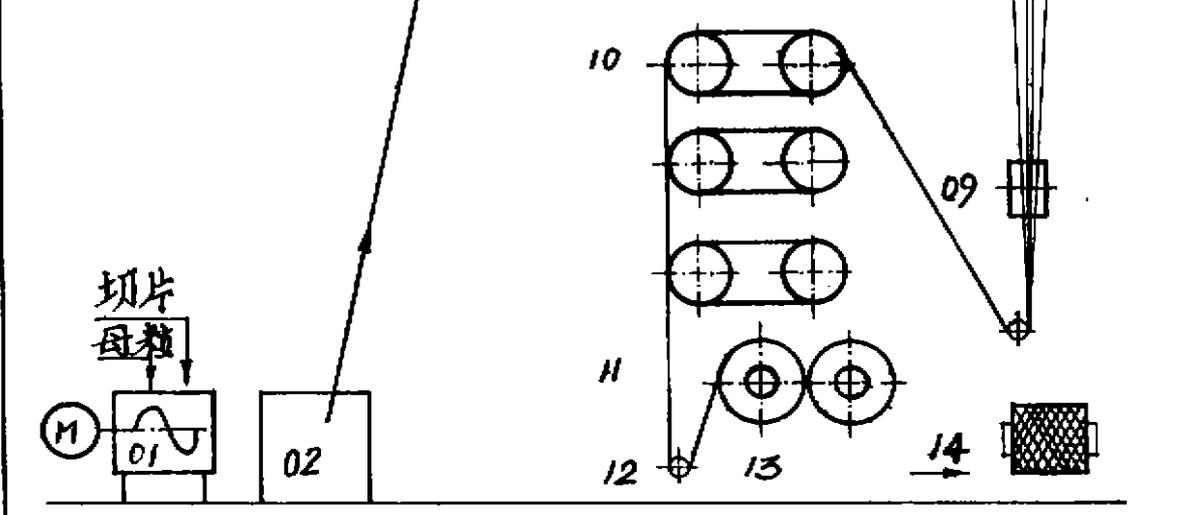
| 项目      | 单位                             | H6500        | H6502        | F4015        | F4016     |
|---------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| 切片熔融指数  | g/10min                        | 12.9         | 12.9         | 2.5          | 2.5       |
| 色母粒添加量  | %                              | 0            | 2.2          | 0            | 2.0       |
| 降温母粒添加量 | %                              | 0            | 0            | 0            | 2.0       |
| 螺杆一区温度  | $^{\circ}$ C                   | 218          | 220          | 265          | 260       |
| 螺杆二区温度  | $^{\circ}$ C                   | 238          | 240          | 285          | 280       |
| 螺杆三区温度  | $^{\circ}$ C                   | 240          | 243          | 295          | 282       |
| 机头压力    | MPa                            | 5.0          | 5.0          | 6.8          | 6.5       |
| 计量泵电机频率 | Hz                             | 16           | 14           | 15           | 13        |
| 预过滤器温度  | $^{\circ}$ C                   | 240          | 245          | 296          | 285       |
| 熔体分配管温度 | $^{\circ}$ C                   | 240          | 245          | 295          | 285       |
| 纺丝组件温度  | $^{\circ}$ C                   | 240          | 243          | 298          | 280       |
| 侧吹风温度   | $^{\circ}$ C                   | 22           | 28           | 26           | 25        |
| 侧吹风速度   | m/s                            | 0.5          | 0.5          | 0.5          | 0.5       |
| 纺丝溶剂浓度  | %                              | 14           | 14           | 14           | 14        |
| 上油齿轮转速  | rpm                            | 20           | 20           | 20           | 20        |
| 第一热辊速度  | m/min                          | 195          | 203          | 165          | 135       |
| 第二热辊速度  | m/min                          | 390          | 285          | 600          | 525       |
| 第三热辊速度  | m/min                          | 810          | 723          | 800          | 890       |
| 总拉伸倍数   | 倍                              | 4.15         | 3.56         | 4.85         | 5.11      |
| 拉伸比分配   | R <sub>1</sub> :R <sub>2</sub> | 32:68        | 16:84        | 68:32        | 72:28     |
| 第一热辊温度  | $^{\circ}$ C                   | 60           | 60           | 90           | 90        |
| 第二热辊温度  | $^{\circ}$ C                   | 90           | 80           | 110          | 115       |
| 第三热辊温度  | $^{\circ}$ C                   | 135          | 125          | 130          | 140       |
| 槽辊/卷绕速比 | K                              | 1.12         | 1.27         | 1.12         | 1.27      |
| 网络空气压力  | MPa                            | 0.35         | 0.12         | 0.30         | 0.15      |
| 产品纤度    | dtex                           | 1003.5       | 1035.7       | 990.0        | 1020.9    |
| 产品强度    | CN/dtex                        | 1.80         | 2.41         | 3.69         | 3.40      |
| 产品伸长    | %                              | 13.0         | 29.4         | 35.6         | 19.9      |
| 产品外观    |                                | 成形变边         | 成形良好         | 成型变边         | 成形良好      |
| 生产现象评价  |                                | 网络偏聚<br>运行平稳 | 网络偏松<br>牵伸正常 | 网络略聚<br>纺丝粗大 | 网络适中<br>优 |

### 2.2 纺丝结果讨论

#### 2.2.1 原料指标和纺丝温度的关系

根据原料的品质指标, 着重参考熔融指数和软化点设计熔体温度是获得好的可纺性和生产较高强度产品的依据。虽然聚丙烯软

| 位号 | 设备名称     | 主要参数      |
|----|----------|-----------|
| 01 | 耙式混料机    | 50kg/套    |
| 02 | 贮料斗      | 200kg/套   |
| 03 | 真空吸料机    | 3.5米/分    |
| 04 | 高位料斗     |           |
| 05 | 螺杆挤出机    | φ65, 1:28 |
| 06 | 板式预滤器    | φ80, 60μ  |
| 07 | 计量泵      | 20CC/PM   |
| 08 | 组件头      | φ129/2    |
| 09 | 上油轮      |           |
| 10 | 热辊 1,2,3 | φ160x180  |
| 11 | 网塔器      | PPJ-1000  |
| 12 | 张力轮      |           |
| 13 | 卷绕筒子架    | φ94x125   |
| 14 | 成品丝筒子    | ≥2.0kg    |



1000分特/90F丙纶全牵伸丝  
生产流程工艺设备配置示意图

化点较低,但分子量高,熔体粘度大,流动性差,如果熔体温度偏低,熔体在喷丝孔出口膨化明显,纺丝不正常,后拉伸困难。试验中,为了获得较高强力的产品供捻制缝包线,用F401原料,设计熔体温度260℃,结果后拉伸无法进行。

为了增加熔体的流动性,温度设定得稍高些或添加适量降温母粒使聚丙烯大分子链合理降解,纺丝顺利。但事物总是一分为二的,纺丝温度并不是愈高愈好,如纺F401,当熔体温度高于305℃,熔体流动性好,但车间烟雾弥漫,纺丝头易发生并丝或后拉伸时由于单丝断裂缠辊。在原料中加2%降温母粒,熔体温度可降低10—15℃,产品强度同样下降近15%,对于生产中强丝,降温母粒添加与否,值得权衡利弊。

对于用熔融指数2.5的扁带级切片F401,熔体温度290℃左右纺丝、牵伸顺利,而熔融指数为12.9的纤维级切片H650,熔体温度240℃已能获得满意的纺丝、牵伸效果。

### 2.2.2 喷丝头熔体缓冷

在适宜的熔体温度条件下,为使纤维截面更均匀,获得更高强力的成品,在喷丝头下方设缓冷装置是行之有效的办法。生产现场测试显示,在喷丝头直裸侧吹风的情况下,如使用0.5米/秒的风速,板面温度降低近40℃,增加了熔体出喷丝孔膨化的可能,成品丝截面差异在极端条件下可达1:3,后拉伸时多松圈丝在热辊表面跳动,成品筒子端面有茸状丝圈。

曾试验在组件下端设置环状电热圈,收到良好效果,成品丝横断面近正圆且均匀,丝强力有所增加,然而对于生产一般箱包带用全牵伸丝,只要小心控制其他工艺条件,在无缓冷条件下,产品指标仍可满足要求。

### 2.2.3 机头压力

机头压力测量点位于插板式预滤器后,它的数值大小影响计量泵计量精度。为了使计量泵吐出量恒定,泵前压力必须大于2.0MPa,

加上熔体管道的阻力损失,机头压力宜设置得较高,这样有助于排去螺杆套筒在切片输送和熔融过程中窝藏的气体,并使熔体有较高的切变,从而混炼均匀。但机头压力太高,则螺杆内的逆流量和漏流量增加,不仅耗电,而且会延长熔体在螺杆中的停留时间,使它的粘度降增加,严重时甚至出现螺杆环结阻料和插板式预过滤器漏浆现象。实验证明,使用纤维级切片,机头压力5.0MPa已满足工艺要求,成品纤度CV%值小于0.5%。对于扁带级切片,因熔体粘度较高,6.7MPa左右较为适宜,纤度CV%值小于0.8%,预滤器不漏浆。

### 2.2.4 喷丝孔径和孔长

聚丙烯熔体是典型的非牛顿流体,挤出膨化严重。在纺丝过程中,熔体温度、挤出速率、喷丝孔径和孔长是影响熔体出口膨化的主要因素,工艺条件一定时,所使用的喷丝板孔径愈小,熔体细流的挤出膨化率愈大,这是因为大分子在入口形变增大,熔体内应力增加,出口应力松弛,因而导致熔体出口膨化严重,成品纤维不匀率增加。

喷丝孔长,在流量和孔径不变时,孔长增加,熔体在孔道流经的时间增加,应力松弛的机会也相对增加,熔体残留的可变弹性能减小,因而可使膨化现象减少,流动趋向稳定。

试验用 $\phi 0.5, L0.5$ 和 $\phi 0.4, L1.2$ 两种板对比,前者所纺纤维截面不匀率明显,即使优化其他工艺条件,截面大小比仍在1:1.5左右,极端条件达1:3。后者所纺丝条断面几乎正圆且均匀,产品强力增加。由此可见,使用孔长3倍以上于孔径的喷丝板是合适的。

### 2.2.5 冷却成形、上油

由于聚丙烯的热焓较高(20℃时540J/g),热扩散系数低(0.001cm<sup>2</sup>/S),熔体出喷丝孔后固化速率低,冷却速度慢。另外,聚丙烯是规整链段高分子,结晶趋向明显。如果不能使熔体细流迅速冷却,初生丝结晶度将上升,纤维的后拉伸性能变坏,拉伸倍率跟不上或拉断单丝缠辊,产品多松圈丝、毛丝,伸长

率高,强度低。

纺制丙纶应使溶体细流迅速冷却,使初生纤维仅形成易被破坏的不稳定晶形,即准结晶结构,利于后拉伸倍数提高。

试验采用12—14℃的低温风,0.2米/秒风速,或者采用室内风,0.5米/秒风速都可实现熔体细流速冷效果。前者减少并丝的可能,后者节能。

给纤维束上油能赋予纤维抱合力、平滑性和消除静电,使后拉伸顺利。应用丙纶FDY油剂,以14%浓度,20转/分油轮速给初生丝上油可达到纤维需上油率。

## 2.3 拉伸

### 2.3.1 拉伸温度

从生产设备配置流程图可见,拉伸为二级拉伸,根据丙纶在不同温度下生成的晶形不同的特点,70℃以下为不稳定准结晶,高于该温度转变为单斜晶。但为了拉直初生纤维卷曲的大分子,使分子链滑移重排取向,又必须提供适当的能量。考虑到热辊表面温度和纤维实际温度的差异,一级拉伸温度在70—90℃之间较合适。

经一级拉伸,纤维结晶度,取向度都有所提高,拉伸应力增大,继续在较低的温度下拉伸则无法达到最大的取向度。因此,需要在较一级高的温度下进行二级拉伸,以达到理想的取向效果,制取强度、伸长适宜的成品。二级拉伸温度为90—120℃,过低产生松圈丝、毛丝,过高费能,且丝束易熔融粘辊。

### 2.3.2 拉伸倍数

拉伸倍数是制约成品物理指标和生产过程是否顺利的关键因素。在一定的拉伸倍数范围内,拉伸倍数增大,产品强度上升,伸长率降低。初生丝最大拉伸倍数和原料的熔融指数密切相关。试验证明,MFI12.9的H650切片拉伸在3—4倍间,MFI2.5的F401切片可拉伸到4.5—6.5倍。在喷丝头增设缓冷装置和设法使熔体骤冷,有利于提高拉伸倍数。

一、二级拉伸倍率的分配对拉伸是否顺利和达到最大拉伸有不容忽视的影响。研究

中,曾在多种工艺条件下,设第一对、第三对牵伸辊速恒定,逐步改变第二对牵伸辊的速度,使一、二级牵伸倍率的分配从15:85向85:15过渡。结果显示,用纤维级H650切片纺制成品伸长率小于40%的丝条(总拉伸倍数小于3.5),一、二级拉伸比分配在30:70至70:30间对生产顺利程度和产品指标无明显影响。使用F401扁带级切片拉伸6.5倍制中强低伸丝条时,必须一级拉伸大于二级拉伸,以70:30的分配率工艺为优。

## 2.4 热定型

丝条经二级拉伸后,分子链仍存在应力,在松弛或热的条件下还会收缩,有必要对纤维进行热定型,使其结构稳定,增加强度。本研究所用纺丝牵伸联合机是在第三对热辊上实现热定型、属于张紧热定型。第三对热辊的温度应不至于使太多油剂挥发,又能达到热定型的目的,一般在110—140℃较合适。

## 2.5 压缩空气吹捻网络

经二级拉伸的丙纶丝为无捻平行丝,纤维间的抱合主要靠油剂赋予的亲合力和聚丙烯大分子间的色散力,集束性能欠佳,不便使用。为了增加单丝间的抱合力,多数厂家增加一道加工工序,对卷绕丝加捻后出厂。本研究从缩短生产流程和节约能源出发,借助涤纶FDY生产技术,在卷绕前增设网络器,用压缩空气吹捻网络丝条。

由于卷绕速度靠张力调节,经网络器的丝条张力为定值,丝条的网络效果仅与空气压力有关。在卷绕速度700米/分,使用PPF—1000型网络器,0.15MPa压缩空气压力可获得良好的网络效果。网络节数约24个/米,成品丝退绕特性好,无明显的粗细外观,满足整经、打纬和加捻等使用要求。

## 2.6 卷绕

本套装置为张力控制式调速卷绕,筒子架由电机直驱运行,随卷绕筒子增大,绕丝线速度增加,卷绕张力增加,丝条把张力臂向上拉起,与张力杆相连的传感器输出信号,指令变频器降低输出频率,电机减速。当张力杆由

于电机速度减慢下降时,传感器输出加速信号,指令变频器升频,电机加速,从而达到恒定速度卷绕。

当张力臂长度固定后,卷绕张力为定值,卷绕筒子的松紧度不能再调整。

由于丙纶卷装收缩较大,筒子突边现象较普遍。调整筒子架和横动槽辊的速比,使卷绕角在 $5.7\sim 6^\circ$ 之间,能减轻丙纶丝卷装筒子突边现象。

### 3 结论

#### 3.1 适当调整工艺参数,可以利用扁带级聚

丙烯顺利纺制出合格的粗旦丙纶(FDY)长丝,且产品质量较好。

3.2 由于扁带级切片熔融指数小,熔体流动性较差,其纺丝温度、机头压力和后拉伸倍数较纤维级切片应相应提高。

3.3 加降温母粒可降低 $10\sim 15^\circ\text{C}$ 纺丝温度,有利于改善生产操作环境条件和节约能源,但产品强力损失约10%。

3.4 以扁带级聚丙烯切片纺丝,一、二级拉伸比分配以70:30为优。

## 丙纶的品种及其应用

丙纶,学名为聚丙烯纤维,也称聚丙烯纤维,国外叫怡纶、梅克丽纶。它自1957年投入工业化生产以来,以其性能优良,价格低廉,用途广泛的特点,成为合成纤维家族中的后起之秀,其年产量仅次于涤纶、锦纶和腈纶居第四位。近几年由于科技和生产技术的进步,使丙纶的使用范围已深入到衣着、装饰和产业用品等许多领域,显示出广阔发展前途。本文就国产丙纶的品种规格及其应用情况作一简要介绍。

### 一、丙纶的品种

我国丙纶生产起步较晚,但发展速度较快,不仅产量有较大增长,且品种开发取得很大进展。据资料报导,我国丙纶生产以长丝为重点。目前国内生产的丙纶有以下品种规格:丙纶圆中空短纤维3D、5D,本白、天蓝、红、黄、蓝等各色;丙纶长丝45D、70D、75D、95D、100D、120D、150D、210D本白、棕、深蓝、黄、绿、黑、灰、红等各色;丙纶弹力丝70D、75D、120D、150D、210D、900D有本白、黄、蓝、绿、黑等各色;丙纶网络丝70D:丙纶吹捻变形丝150D、900D,有黑、灰、红、蓝、绿、驼等各色;涤丙复合网络丝150D涤/70D丙、锦丙复合网络丝70D锦/70D丙;丙纶长丝条4D:丙纶膜裂纤维70000D(变形后),本白;超高强超旦长丝250D、400D、500—2000D:细旦、超细旦长丝。

### 二、丙纶的应用

目前国内丙纶在衣着和其他方面的应用,主要有以下几类产品。

(1) 丙纶短纤维混纺产品:丙棉混纺细布,丙棉混纺麻纱,丙棉双经布,丙富混纺细布,丙腈混纺布等。

(2) 丙纶针织产品:主要有丙纶提花毛巾袜,丙、锦交织毛巾袜,丙纶弹力袜,丙纶滑雪袜,丙棉机毛衫,丙纶丝童装,丙纶丝青年装,丙纶蚊帐等。

(3) 丙纶交织产品:丙纶变形丝与其他纤维交织而成的仿毛织物,主要有丙纶拷花大衣呢,丙纶中和仿毛粗花呢,锦丙花呢等。

(4) 丙纶装饰用品:主要有丙棉大提花装饰布,丙纶沙发布,丙纶地毯,丙纶窗帘布,丙纶包芯烂花布等。

(5) 丙纶丝绸产品:丙纶软缎被面,丙纶凉爽绸,细旦超细旦丙纶长丝蒙泰绒、素软缎、舒美绸、蒙泰绸等。

(6) 丙纶产业用品:丙棉音箱布,吨包布、箱包布、帆篷布、矿山风筒布,水龙带,胶管布,飞机汽车用安全带,集装箱吊带,土工布,工业过滤布,高速缝纫线,渔网,安全网,封车网,高级香烟滤嘴,吸油毡,人造革衬里等。

(7) 医疗卫生纺织品:医疗卫生消毒纱布,病房用睡衣、床单等。