

一步法生产丙纶工业丝的工艺探讨

张宏义

(辽阳石化化纤公司, 辽宁, 111003)

研究了用一步法生产丙纶工业丝的纺丝温度、冷却成形条件、拉伸温度、拉伸倍数等工艺参数对生产过程的影响,并将产品质量指标与国外同类产品进行了比较。

关键词: 丙纶工业丝 徐冷环 二级拉伸 纺丝拉伸联合工艺

丙纶由于具有优良的物理和化学性能且原料价廉易得,所以发展十分迅速。随着新技术的开发,国外在80年代又开发研制了丙纶工业丝,广泛地应用于绳索、渔具、安全网、安全带、过滤布、土工布、缝纫线、箱包带和吊装带等加工领域。

生产丙纶工业丝有两种工艺路线,即纺丝和拉伸在两台设备上间断进行的两步法以及纺丝和拉伸在同一台设备上连续进行的一步法。

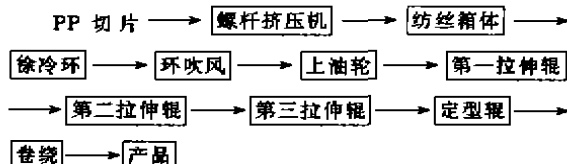
两步法是传统工艺路线,虽然技术比较成熟,但因其锭位多,所需操作人员多,生产成本高。再加之牵伸管的卷装小(1.8 kg/管),每吨丝占用牵伸管超过500个,且这种简管较贵,用户买丝时先要付一笔押金,用后将管子返回,造成往返运输的麻烦。

一步法工艺路线是近年来发展起来的一种先进工艺,它具有设备少,产量高和省劳力的优点,故在丙纶工业丝(主要是普强丝和中强丝)的生产中被广泛采用。一步法工艺路线又分为卧式和立式两种流程。国外在生产丙纶工业丝时多数采用卧式生产流程,而本公司则采用了立式生产流程。与国外的卧式流程相比,立式流程具有以下两大特点:一是纺丝和卷绕速度高;二是原料廉价易得,可以用

扁丝级聚丙烯树脂为原料,而国外设备倾向于采用纤维级聚丙烯切片为原料进行生产,成本较高。

1 工艺路线及生产条件

1.1 工艺流程



1.2 生产设备

纺丝、拉伸、卷绕联合机;

螺杆挤压机:型号DQ15-90-25,直径 Φ 90 mm,长径比1:25;

徐冷环(后加热器):内径 Φ 220 mm,高200 mm;

拉伸及定型辊:外形尺寸 Φ 176 \times 200 mm,加热温度60~150 $^{\circ}$ C。

1.3 测试仪器

熔融指数仪:XRZ-400 S型,

强力机:YG021-50型

1.4 原料

聚丙烯切片:辽阳石化化纤公司化工三

收稿日期:1992-11-23

修改稿收到日期:1993-01-05

厂生产,牌号 5004,其主要指标见表 1。

表 1 聚丙烯切片主要品质指标

项 目	指 标
熔融指数/ $g \cdot (10min)^{-1}$	2.5~4.0
乙烷抽提率, %	≤ 2
抗拉强度/MPa	≥ 27
灰分, %	≤ 0.02
水分, %	≤ 0.07
熔点/ $^{\circ}C$	168
分子量	$27.6 \times 10^4 \sim 30.9 \times 10^4$

注:分子量由公式 $\log[\eta] = 0.50 - 0.197 \log[MFI]$ 和 $[\eta] = 1.07 \times 10^{-4} M^{0.60}$ 推算而得。

2 生产工艺及讨论

2.1 主要工艺参数

生产不同纤度丙纶工业丝的工艺参数有所不同,详见表 2。

表 2 主要工艺参数

项 目	1100dtex/162f	
	830dtex/162f	2200dtex/324f*
螺 杆 温 度 / $^{\circ}C$	一区	270
	二区	275
	三区	280
	四区	280
	五区	280
箱体温度/ $^{\circ}C$	282	285
徐冷环温度/ $^{\circ}C$	280	285
卷绕速度/ $m \cdot min^{-1}$	1068	1077
总拉伸倍数	6.69	7.23
拉 伸 辊 温 度 / $^{\circ}C$	第一辊	65
	第二辊	128~132
	第三辊	130~132
定型辊温度/ $^{\circ}C$	126~128	128~130

* 两束 1100dtex 的工业丝合绕在一个卷绕筒管上。

2.2 纺丝

2.2.1 纺丝温度

纺丝温度的控制直接关系到丙纶工业丝的强度高低及其可纺性的好坏。尽管聚丙烯的熔点低,但因其分子量高,熔体粘度大,流动性差,加之纺制丙纶工业丝的螺杆直径大,熔体在挤压机中的停留时间短,故螺杆各区温度普遍高于聚丙烯熔点 $100^{\circ}C$ 以上。在试纺阶段,我们曾片面地追求过低温纺丝(一、二区温度设为 $250 \sim 260^{\circ}C$),以期防止聚丙烯分子量的降解,结果出现“硬头丝”现象,使纺丝无法正常进行。然而,纺丝温度也不是愈高愈好。当螺杆三、四、五区温度高于 $310^{\circ}C$ 时,虽然熔体流动性能好,但车间烟雾弥漫,并且产生并丝现象,造成缠辊,也使生产无法进行。因此我们认为,螺杆各区温度在 $270 \sim 280^{\circ}C$ 为佳。当纺丝纤度提高时,因熔体在螺杆中停留时间相对变短,故应相应地提高各区温度。

纺丝箱体的温度,应考虑到箱体中的熔体管路较细,熔体在箱体中停留时间较长的问题。为防止聚丙烯分子量降解过大,箱体温度控制在 $285^{\circ}C$ 左右为宜,此时熔体既有较好的流动性,又无较大的分子量降解。

徐冷环的采用是纺制高粘聚丙烯的关键。徐冷环是一个装在喷丝板下的加热套筒,围绕丝束形成一个圆柱形的保护套,借以减缓初生纤维的冷却和固化(见图 1)^[1]。

采用徐冷技术既可减少熔体出喷丝孔的膨化程度,又可使初生纤维的双折射降低,利于后拉伸倍数的提高,从而改善丙纶工业丝的拉伸性能。在徐冷环高度确定的情况下,其温度的选择十分重要。温度过低,丝束的双折射较大,显然在所需的拉伸倍数下拉伸时易产生单丝断裂造成缠辊(若降低拉伸倍数,虽然不缠辊,但丝的强力会明显下降);温度过高,虽然初生纤维的双折射低,有利于拉伸倍数的提高,但因纤维截面的均匀性差,同样会

产生单丝断裂而缠辊。徐冷环温度对聚丙烯纤维双折射、截面均匀性及强度的影响趋势见图2^[1]。经过探索,徐冷环的温度控制在280~290℃最适宜(用水银温度计测温,水银球距喷丝板约120 mm,距徐冷环内壁15 mm)。

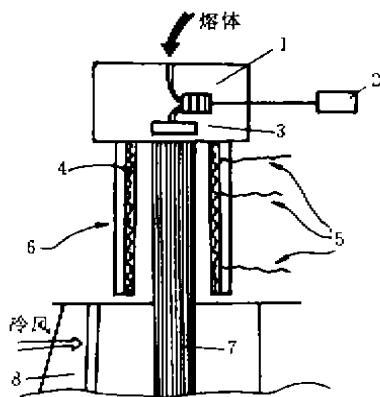


图1 徐冷环结构示意图

1. 计量泵；2. 计量泵电机；3. 纺丝组件；
4. 加热元件；5. 热敏电阻；6. 绝热层；
7. 丝束；8. 吹风管

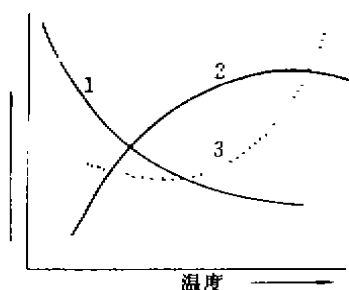


图2 徐冷环温度对聚丙烯纤维性能的影响

1. 双折射；2. 强度；3. 截面均匀性

2.2.2 冷却成形

由于聚丙烯的热焓高(20℃时的热焓为540J/g)以及热扩散系数低($10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$)^[2],

使其熔体的固化速率低,冷却速度慢,所以在纺丙纶工业丝时要求吹风温度低且吹风区间长些。此外,采用急骤冷却可使聚丙烯纤维获得准晶结构,由于这种晶形不稳定,易被破坏,故利于后拉伸倍数的提高。生产中我们采用低阻尼的环形吹风,风速控制在0.5m/s左右,为了获得不稳定准晶晶形,风温应尽可能低些,一般控制在12~14℃。实践证明,急骤冷却的聚丙烯纤维比缓慢冷却的纤维经过后拉伸的总取向度高,因此前者的强度远远高于后者。但也不能片面追求急骤冷却效果而使环吹风速过大,因为风速过大会使丝束摆动过剧造成并丝,从而使并丝纤维发脆,拉伸时缠辊。另外,环吹风要均匀,以使各单丝固化点位置稳定一致,避免拉伸时因单丝截面不均而产生断裂,造成缠辊现象。

2.3 拉伸

2.3.1 拉伸温度

丙纶工业丝的拉伸以采用两级拉伸工艺为宜。这是由于丙纶具有不同温度下产生不同晶形的特点,当温度高于70℃时,初生纤维中不稳定的准晶结构最易转变为稳定的单斜晶体,不利于拉伸倍数的提高,所以一级拉伸温度应低于70℃。通过一级拉伸,纤维的结晶度、取向度都有所增加,拉伸应力增大,继续在较低温度下拉伸则无法达到最大的取向度,因此还要在较高温度下进行二级拉伸,才能达到理想的取向效果。二级拉伸的温度为120~135℃。

2.3.2 拉伸倍数

拉伸倍数是生产丙纶工业丝最关键的工艺参数。要想提高产品的强度,必须采取较高的拉伸倍数。在一定的拉伸倍数范围内,随着拉伸倍数的增大,丙纶工业丝的强度增高,伸长度降低。前面所提到的徐冷环及骤冷技术,就是提高纤维后拉伸倍数,进而提高其强度的重要措施。

丙纶工业丝的两级拉伸中,一级拉伸倍

数为4~4.25倍,二级拉伸倍数为1.6~1.75倍。总拉伸倍数控制在6~7.5倍之间。

2.4 定型

高倍拉伸纤维在松弛状态下或使用过程中还会产生收缩且强度下降。为避免这个缺点,还要将拉伸后的纤维经过第四对辊进行紧张热定型,将聚丙烯大分子的取向结构固定下来并提高纤维的结晶度。第四对辊的表面温度设在125~135℃,其速度比第三对辊高8%~10%,以使纤维在张力下进行热定型。

2.5 卷绕

由于丙纶工业丝纤度较粗(880~1660 dtex),所以在卷装上收缩张力很大。为此,除了应增加筒管的壁厚之外,最主要的是控制卷绕张力。如果卷绕张力过大,会将筒管“抱死”在卡盘轴上。为避免上述不良后果,所采取的有效措施是降低卷绕速度,使卷绕速度比第四对辊速度低4.5%~5.5%,形成第四辊对卷绕辊的“超喂”状态。

2.6 产品质量

经试生产一年多来,几种规格产品的各项指标均达到国外同类产品标准(见表3)。

表3 本厂丙纶工业丝与国外同类产品
质量对比

项 目	意大利莫登公司	本 厂
纤度/dtex	660~1320	880~2200
强度 /cN·tex ⁻¹	35.4~62.0	53.0~67.0
纤度偏差,%	±5	±5
伸长度,%	15~30	18~28

3 结论

a. 可以采用分子量较大的扁丝级聚丙烯切片为原料,在不加降温母粒的情况下,以常规的纺丝温度进行纺丝。

b. 两级拉伸和紧张热定型是生产高强丙纶工业丝必不可少的工艺。

c. 一步法生产丙纶工业丝比生产涤纶、锦纶工业丝的设备少,技术难度低,消耗少,生产成本低,是一种很有发展前途的先进工艺。

参 考 文 献

- 1 Ahmed M. *Polypropylene Fibers Science and Technology*. New York, Elsevier Scientific Publishing Company, 1982
- 2 张书坤等译.《合成纤维》.北京,纺织工业出版社,1987

ONE-STEP PRODUCING PROCESS OF

PP INDUSTRIAL-USE FIBERS

Zhang Hongyi

(Liaoyang Petrochemical Fiber Company, Liaoning)

ABSTRACT

Influenced factors on the one-step producing process of PP industrial-use fibers have been studied. They include spinning temperature, quench conditions, temperature and ratio of drawing. The product quality indexes are compared with those of some foreign companies.

Key Words: PP industrial-use fiber; draw-spinning process; delay quenching collar; two-stage drawing