

纺丝, 聚丙烯纤维, 强力丝,



丙纶强力丝生产的新技术和新设备

洪振亚 (纺织工业部设计院)

摘要

A 概述丙纶高强度丝的应用, 重点介绍了意大利 FARE 公司一步法生产丙纶强力丝的技术特点、生产流程、工艺与设备参数; 英国 ESL 公司二步法生产丙纶强力丝的工艺特征、生产流程、工艺与设备参数, 并综合比较了二步法的优点。

一 聚丙烯高强度丝的应用

丙纶高强丝的高强力和抗冲击强力, 使它成为具有极强竞争性的产品, 它的应用性, 柔韧性及经济性显示了它可应用于工业领域的巨大潜力, 在很大程度上取代那些造价很高的产品。其主要用途为: ①吊装绳。利用其超高强力和抗切断性, 用于大型集装箱的装卸。②土工布。利用其优越的高强和抗腐蚀性, 可用于土工加固工程。③高压水管。利用其良好的柔性和强力结合, 产生卓越抗磨性, 可适应连续重负荷, 尤其在恶劣的环境中。④安全带。利用其超强力, 有很强的抗冲击力。⑤工业缝纫线。利用其强力高、重量轻可满足多种工业缝纫线要求。⑥航海用布用绳。利用其集高强、耐水性、柔韧性, 着色坚固, 抗剪切力强及抗冲击力于一身, 在航海领域应用上远高于其他产品。⑦体育运动安全用绳, 利用其重量轻、强力高, 抗磨性好、着色坚固。⑧其他(过滤材料等)。利用其对酸碱和其他有机化学的抗腐蚀能力。

二 意大利 FARE 公司丙纶强力丝生产的新技术

1. FARE 公司生产技术、设备概况

七十年代该公司的技术设备只能生产一般聚丙烯复丝, 当时采用二步法生产技术, 第一步是聚丙烯投料至初生卷绕丝, 第二步则卷绕丝经拉伸成成品卷绕丝。1987 年后开发一步法生产强力丝技术设备。截至目前已销售世界五十余家成套设备与生产技术。

2. 高强度聚丙烯丝品种及其在国际市场所占比例(见表 1)

表 1 各种规格丙纶强力丝在国际市场所占比例

纤维强力规格(cN/dtex)	占丙纶国际市场(%)
6.2~7.1	25
5.3~6.2	30
4.4~5.3	30
4.4	15

国外丙纶强力丝售价是同规格尼龙丝的二分之一, 因价格便宜及具备优于其他纤维的某些特性, 有潜在市场, 6.2~7.1cN/dtex (7~8 克/旦) 的年销售量在递增。

3. 生产技术和设备特点

(1) 生产技术

品种规格、卷绕速度与产量关系如表 2。

表 2 规格、卷速与产量的关系

总纤度(dtex)	强力(cN/dtex)	卷绕速度(m/min)	产量(kg/h)
1110	7.1	120	100
1110	6.2	150	120
1110	5.3	200	160
1110	4.4	250	220

(2) 生产流程(见示意图)

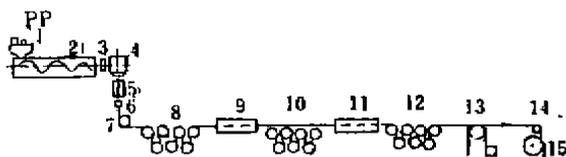


图1 意大利 FARE 公司丙纶强力丝生产流程

- 1-投料斗;2-螺杆挤出机;3-预过滤器;4-纺丝箱;
5-风冷却;6-静电消除;7-导丝辊;8-一道拉伸;
9-一加热器;10-二道拉伸;11-二加热器;12-三道拉伸;
13-上油;14-导丝辊;15-成筒

(3) 工艺技术设备说明

一定规格的聚丙烯原料,经螺杆挤压机组熔融,螺杆壳体为电加热,熔体经预过滤进入纺丝箱体。纺丝箱体为8位、10位、12位,根据产量定,每位双喷头,各有一个齿轮泵控制计量。喷丝板为长方形,每块出十束丝,如1000d/90f×10,1000d/100f×10。每个纺丝组件重10公斤,为下装式,丝束冷却为侧吹式,成型后的丝束经消除静电由牵引辊将丝束送进第一道七辊拉伸机。拉伸辊由热油加热,将丝束预热至一定温度。丝束在第一加热箱受上、下方向的热空气均匀加热到拉伸温度,经过第二道七辊拉伸机的各丝束在第二加热定型箱内拉伸定型,被第三道七辊拉伸机牵出的各丝束被卷绕机卷绕为成品丝筒。丙纶强力丝成筒很关键,成筒后丝束的张力将大于出第三道拉伸时丝束的张力。对丝筒要求承受很高的强度,故筒管较重,为免于回收筒管的运输费用,工艺应向后延伸到将筒管丝加工成加捻丝的筒管丝出厂。筒丝的形状以锥形筒子为优,能避免筒丝塌边。复丝加捻后强力将提高0.2g/d(0.18cN/dT)左右,若对加捻机的选型或操作掌握不当亦有强力下降的现象。

(4) 工艺及设备参数(见表3)

(5) 一步法生产聚丙烯强力丝的特点

- ① 减少废丝、节省人力和劳动强度。
- ② 生产效率高。
- ③ 设备占地面积小,节省耗能。

表3 一步法工艺及设备参数

规格	指标
单丝纤度(dtex)	8~12
纺丝温度(°C)	250±2
侧吹风温度(°C)	-40
拉伸倍数(倍)	4~8
定型回缩率(%)	5
复丝加捻(个/米)	60
筒丝重(公斤)	10
螺杆规格(mm)	∅150
螺杆长径比	30:1
纺丝箱体位数(位)	8、10、12
喷丝板孔数(个)	90、100
纺丝组件重(公斤)	10

三 英国 ESL 公司生产新技术和设备

1. ESL 公司生产技术、设备概况

据该公司马克先生介绍这套设备的设计指导思想是专为极高强力的聚丙烯丝设计的,但其他厂家这类设备是由生产普通丙纶丝改进的。ESL公司1981年成立,由代维斯来先生研制成该套PP强力丝设备,其特点为两步法生产工艺,能最大限度满足质量要求的选择余地,尽管比一步法需要稍多的操作者,但两步法工艺可以使两段加工过程都能达到最佳要求状态,以获得丝束产品持续稳定的高质量。目前产品用户要求的不仅仅是高强力,而且要质量好,以保证达到质量和性能标准,同时在加工中,也能达到最大生产效率。

2. 二步法提出的原因及特点

由切片到丝束成形过程中,前一加工段发生的变化进一步影响着下一步及之后的工艺过程。

从第一步看,切片受热成熔体,在压力状态下,经过喷丝板诸孔成形,其比重由固态的0.91降到0.75,粘度随温度而变化,因此,对熔体必须进行搅拌处理。熔融切片的热量来源于挤出机套筒的加热,但大部分热量来源于螺杆挤压,聚合物产生的机械摩擦力,这部

分热量难以控制,如果有一小部分熔体过热的话,就会产生降解分解。降解将导致质量下降,但如出现分解,即使微量分解,就很难用于纺丝。

当熔体通过纺前过滤器,其作用一是除去杂质,二是增加背压,以使挤出机有效工作。

熔体流经滤网时会产生摩擦热量,但不管过滤本身看来很简单,但仍是易出现问题的地方,网孔过密将产生过多热量,引起熔体不该发生的变化。

喷丝孔的设计对单丝的形成及纺速起着重要作用,它赋予单丝进一步拉伸及获得强力的特性,并影响到最终产品。

细小的喷丝孔亦能纺出比较均匀的丝,但容易产生熔体的旋涡从而进一步产生应力。应力限制丝束的可拉性,粗大的孔径产生的应力较小,但容易使熔体出现脉冲,进而导致丝间断的粗细不均,这周期脉冲产生的关键性的速度也是单丝从喷丝板被拉出并能避免差异的速度。这对于两步法来说并不成问题,但对一步法来说是一个很大的问题,因为一步法的加工中这个关键的纺丝速度是由生产线终端的纱筒的速度控制的。

在生产过程中,将单丝从熔融态冷却到

固态时冷却和纺丝速度都对生产可变性影响很大。丙纶固化呈晶体结构,如果快速冷却即可出现细小晶体,反之可产生大的晶体结构。

丝束冷却的同时被抽出,他们从喷丝孔中挤出后迅速地从相对低速变成卷绕速度。在这速度变化的同时,聚合物从熔体变成了固态晶体。然而,由于熔融聚合物具有的弹性,在抽丝时施加的张力使熔体被拉长,可见纺丝是一个包含着数个相关连的复杂的变化过程。如果按两步法加工,这里未拉伸丝将被卷绕到丝筒上,而卷绕的速度可以根据其他纺丝可变性的要求,调整到生产最佳丝束状态。反之,如果纺丝后,丝束直接转到下一个加工过程,即一步法,那纺丝的速度必须由下一阶段加工的机械速度来决定。另一个两步法的重要特点是,在卷绕后丝束可停放几个小时,以减少内应力,便于获得更好的取向。

另一个关键步骤是拉伸和取向,温度和拉伸力是关键,但拉伸的时间因素不可忽视,因丝束拉伸得越慢,分子取向均匀的程度越好,越能生产出高的强力。综上所述,二步法将有明显的优点。

3. 二步法的工艺流程

(1) 生产工艺流程(见图 2)

(2) 工艺过程说明

聚丙烯切片由真空吸到挤压机上的进料斗、色母粒及添加剂加入相应的料斗,经混合定量均匀加入螺杆挤压机,熔体经纺前过滤进入纺丝箱,每位由立式计量泵保证纺前压

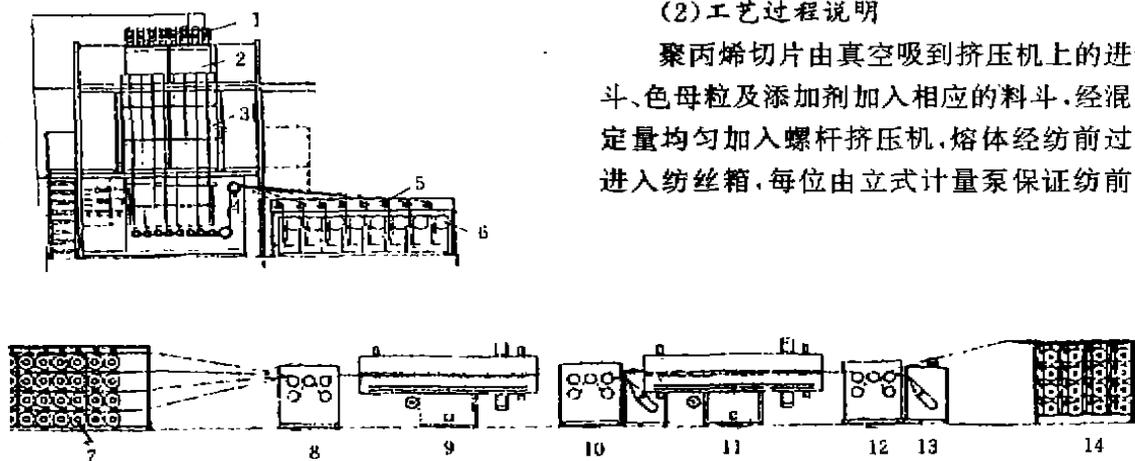


图 2 二步法生产工艺流程

1—计量泵;2—箱体;3—甬道;4—拉伸辊;5—上油辊;6—成筒;7—筒架;

8—一道拉伸;9—加热箱;10—二道拉伸;11—加热定型;12—三道拉伸机;13—上油辊;14—成品成筒

力,纺丝箱为电加热,喷丝板为下装式,丝束由侧吹风冷却,丝束经导辊卷绕到精密交叉式卷绕机上,废丝率很低,每个卷绕位可单停、开,卷绕有定长控制器。丝筒可单独停、开。卷绕筒丝可在纱架上缓冲,缓冲 24 小时一般可提高强度 0.3 克/旦(0.26cN/dtex)左右。

缓冲好的 64 个筒丝挂在筒架上,集束后经第一道五辊拉伸机及上下同时加热的加热箱到第二道五辊拉伸机完成一道拉伸,第二道拉伸在第二和第三道五辊拉伸机间进行,其中有加热定型箱,采用慢速拉伸,以便获得稳定均匀的高强度的成品。出第三道五辊拉伸机的丝分别到双面精密的交叉卷绕机上成筒,即成品筒丝。

4. 工艺、设备参数

表 4 二步法工艺与设备参数

名称	指标		
总纤度(dtex)	1110	1110	1110
丝束根数(根)	144	144	144
单丝纤度(dtex)	7.4	7.4	7.4
强度(cN/dtex)	7.5	7.1	6.2
纺丝速度(米/分)	300	320	600
拉伸倍数(倍)	8	7.5	6.0
未拉伸丝总旦数(dtex)	8880	8250	6660
产量(公斤/时)	128	128	192
卷绕速度(米/分)	125	150	225
总纤度(dtex)	1110	1110	1110
产量(公斤/时)	107	128	192
螺杆(mm)	∅75		
螺杆长径比	3:1		
纺丝箱体(位)	6		
冷却风道长(米)	2.5		
筒丝架位数(位)	64		
交叉卷绕机(位)	128		

4. 有关工艺的几个问题

①拉伸:ESL 公司采用对流加热箱,箱内的热空气成两股高速流动,从相对方向接触丝束,使其在完全拉伸之前一直处于热空气中,得到对丝束全方位加热,使其受热均匀,避免因加热不匀使单丝取向度不同,引起

毛圈丝。

②特殊设计的纱架,此纱架分三层,每根丝均配有一个张力控制器,保证拉伸丝受力均匀。

③为避免丝束经拉伸辊产生叠压现象,这会导致外层丝的拉伸度大于内层丝,理想的是将丝并列排开。这样每根丝得到同样的力,ESL 公司采用一组导丝辊,使丝束交替通过,效果很好。

④关于选择 4 米长拉伸定型箱,因为考虑到拉伸时,不仅丝受热的温度很关键,而在拉伸特定速度下,使丝束受力的距离与速度本身同等重要。

⑤热定型是热量和张力进一步确定最终产品质量的重要程序,温度在此起重要作用。在配置对流加热箱,使丝束得到松弛,自由的在相距很远的两组导丝辊之间悬弛,尚要绕在辊子上加热,就难收缩,收缩只能发生在丝束脱离导丝辊之后,而恰在这一点上丝束开始冷却。

5. 两步法的优点

①在相同规模下,两步法设备并不贵于一步法。

②生产过程中每一步加工都能达到最佳工作状态,满足生产出高质量产品的要求。

③两步法加工互不影响,尤其在换原料及色母粒时更显优势。

④两阶段分别用低速生产,便于工人掌握操作。

⑤易于发现和纠正生产中出现的技术问题。

⑥低速生产及减少消耗,保证高效运转率。

⑦低速生产可使用精密交叉络筒机,用于生产呈坚固方形端的纱筒,并可降低磨损,便于保养,另配件损失明显减少。

(英文摘要见第 15 页)

却不如样品 A,这主要是由于受样品结晶结构的影响。从图中还可看出,随拉伸倍数的增加,负荷的变化比较平缓,尤其是样品 A,这说明溶剂起了增塑拉伸的作用,增塑拉伸是一种假性拉伸,溶剂小分子使得纤维相对滑移,而不是大分子链真正取向拉伸,这种拉伸对于提高纤维的强度,模量是无效的,所以对初生纤维首先要进行脱溶剂处理。

五 结 论

1. 以甲醇为凝固剂,纤维截面均匀,圆整度好,纤维结晶度小,晶粒完整性差,形成

碎晶,纤维中含有许多原纤沿纤维拉伸方向排列,这种结构有利于初生纤维的拉伸,断裂伸长率可达 600%。

2. 以乙醇为凝固剂,纤维皮芯结构明显,结晶度较大,晶粒为典型的球晶结构,纤维中的原纤沿拉伸方向排列的很少,拉伸性能较差。

3. 以丙酮为凝固剂,纤维截面不均匀,皮芯结构严重,结晶度高,不利于拉伸,但其晶粒尺寸很小,且纤维中存在着原纤,几乎全部沿纤维拉伸方向排列,使其拉伸性能仍较好,断裂伸长率可达 500%。

THE STRUCTURES AND PROPERTIES OF AS SPUN FIBER IN SOLUTION SPINNING OF HMWPET

Zhou Weiqun Hu Xuechao and Huang Bin

(*Chemical Fiber Research Institute of China Textile University*)

Abstract

Solution spinning of HMWPET is an important way for preparing high strength and high modulus fibers. This paper discusses the influence of different coagulants on the structures and properties of as-spun fiber in solution spinning of high molecular weight (HMW) PET, these coagulants are methanol, ethanol and acetone. The conclusion is that methanol is the best coagulant agent. The fiber which is coagulated by methanol has low crystallinity, less crystalline perfection and good drawing behaviour.

~~~~~

(上接第 28 页)

## NEW TECHNOLOGY AND EQUIPMENTS FOR PRODUCTION OF PP HIGH TENACITY FILAMENT

Hong Zhenya

(*The Engineering Institute of the Ministry of Textile Industry*)

### Abstract

The application of PP high tenacity filament is generally described with focus on the introduction of the technical features and the parameters of technology and equipments of Italian Fare Co.'s two-step process, comparison is also made on the advantages between the two processes.