

# 三维卷曲丙纶短纤

④

潘淑娟 汪乐江 (中国纺织科学研究院 北京 100025)

17-19, 44

TQ 342.62

## 摘 要

阐述了 ESL 公司(现为 AC 公司)生产永久性卷曲丙纶短纤的原理、工艺及纤维的性能和用途,并与其它卷曲短纤作了比较,预测了 ESL 公司自卷曲技术的可行性,给有关厂家提出了建议。

关键词: 三维卷曲 丙纶短纤 永久性 短纤维, 聚丙烯纤维,

三维卷曲纤维作为替代羽绒、棉花及羊毛等天然纤维来作絮填材料已越来越受到人们的重视。它的诞生源于人们对羊毛纤维卷曲的发现和研究。羊毛的保暖性、弹性和手感之所以优越,是由于其三维卷曲结构的存在。羊毛卷曲的原因在于它的截面结构不对称性,同一截面内存在着正皮质细胞和副皮质细胞,且截面上的这两种皮质比例及几何位置的不同,使得羊毛产生卷曲且不局限于同一平面内,而是围绕羊毛中心呈扭曲或螺旋形弯曲状,从而形成三维卷曲。本文介绍一种实用的、具有潜在竞争力的三维卷曲丙纶短纤的制造方法。

## 1 卷曲短纤的制造方法

合纤短丝通常用于与棉、毛、粘胶纤维混纺,以纺制各种纱线,而无卷曲的合成纤维表面光滑,纤维间抱合力较小,不易与其它纤维抱合在一起,对纺织加工不利,故必须进行卷曲,使其具有与天然纤维相似的卷曲性。三维卷曲短纤甚至在作为填充物时不需作传统的梳棉及毛层成形过程。为使化学短纤维产生卷曲,人们实践了许多方法,这些方法可归为两大类。

### 1.1 纤维成形后加工方法

① 将未定型的纤维用高温、高压热空气吹入放射形缝隙的喷嘴,使纤维不规则地嵌入缝隙,在缝隙中定型后,从喷嘴出来,即呈三维卷曲状;② 将高温、高压蒸汽流吹入卷曲器内,使卷曲器内的丝束发生弦振动和折叠而形成正弦状三维卷曲纤维;③ 普通的机械推压法得到二维锯齿形卷曲纤维。这类方法由于是纤维成形后强加给纤维的卷

曲,而非内部结构产生,所以对纤维的损害较大,这种人工产生的卷曲实际也并不持久,在挤压、拉伸后很容易失去弹性和卷曲。

### 1.2 由纤维内部结构产生的三维卷曲

此类方法是通过改变纺丝工艺,使其在挤出成形过程中内部结构就潜在着不对称结构因素(如组分不同、内应力不同等),然后在后加工过程中将不对称因素显现出来,从而形成三维卷曲,如① 复合纺丝法,将两种高聚物纺成并列型或偏心皮芯型,由于不同组分的热收缩率存在着差异,在后加工过程中就产生了卷曲;② 用特殊异形喷丝孔或以高速低温气流非对称骤冷成形的原丝截面,在丝条冷却的迎风侧或中空薄壁处,比其背风侧或中空厚壁处的冷却固化快,于是在丝条固化快的一侧难以变细,其纺丝应力比另一侧更集中,这种不同的超分子结构的存在,在拉伸时固化快的一侧比另一侧积聚较高的应力和卷曲势能,一旦拉伸结束,大分子链松弛,具有较高应力和卷曲势能的一侧比另一侧易收缩,并产生长度差,纤维只得被迫扭成一个具有反向点的螺旋圈,并围绕轴向发生扭曲,最终形成螺旋的三维卷曲结构;③ 通过特别设计的喷丝板,使熔体经过时产生湍流,挤出喷丝板时熔体内部两侧应力不同,当拉伸张力松弛时,潜在的卷曲就显现出来。这类方法的三维卷曲结构是由于纤维内部结构产生的,所以卷曲往往较为自然且持久,纤维性能也不会受到损害。尤其是第③种方法,即英国 ESL 公司研究的自卷曲挤出工艺,其产品三维卷曲丙纶短纤所形成的螺旋卷曲是完全并持久的,一旦热定型后,除非破坏纤维,否则不会消失。而第②种中空纤维国内仪征化纤公司引进日

本东洋纺技术已有生产,卷曲纤维经施加一定外力拉伸后卷曲容易消失。

## 2 ESL公司丙纶三维卷曲纤维的工艺技术

### 2.1 工艺流程

ESL公司研制三维卷曲丙纶短纤的生产工艺流程如下:

聚丙烯切片→料仓→输送系统→小料仓→料斗→单螺杆挤压机→预过滤器→熔体输送泵→静态混合器→纺丝→冷却→上油→集束→结晶→慢速七辊机→拉伸喷汽烘箱→快速七辊机→上油→切断→定型烘箱→打包

### 2.2 工艺特点

从该工艺流程可以看出,从切片准备至纺丝成形前与普通丙纶的纺丝工艺没有什么差别,关键在纺丝组件及喷丝板的特别设计,如每个喷丝孔相对于该喷丝板的外表面形成一个角度,或每个喷丝孔的横截面的改变是采取台阶的形状,使聚丙烯在熔融状态时产生湍流,由于湍流效应,熔体在固化前形成的应力被集中在截面的一侧,当熔体流出喷丝板被迅速固化时,熔体内部的这一应力不对称被锁定在聚合物中,丝束在进行拉伸前,再增加一个预结晶过程,使这一不对称应力牢固锁定在纤维中,以至于在接着的拉伸过程中不易被消除,而是转化成纤维的不对称张力,切断后,经松弛热定型,纤维内部应力不对称便充分显现出来,造成纤维的两侧长短不一,导致向外侧形成三维螺旋卷曲。对螺旋卷曲形状进行观察就会发现单根纤维首先沿顺时针方向旋转,待扭矩增大到一定程度,则这种卷曲又转向逆时针方向,直至扭矩再次达到平衡,螺旋卷曲又将恢复至原来的顺时针方向,如图1所示,这与天然羊毛的卷曲结构是一致的,自卷曲纤维再现了羊毛的独特结构。所以该工艺的关键在于纺丝组件、喷丝板、吹风冷却系统的设计。结晶过程中的结晶温度直接影响纤维的卷曲率,ESL公司研究发现,在一定的范围内,结晶温度越高,最终成品

纤维的卷曲率越大。

归纳起来,ESL公司三维卷曲技术的基本要素有五点:

① 无论是常规或中空喷丝板都有特殊的能引起扰动、产生不均匀应力的喷丝孔形和有角度地展开喷丝孔排布;

② 强侧吹风加冷板使初生丝单面骤冷,造成纤维截面上产生差别显著的不对称超分子结构;

③ 采用热板进行预结晶,紧接着再骤冷使不对称的超分子结构部分固定下来;

④ 留有余地的拉伸,使纤维截面两部分产生潜在的卷曲势;

⑤ 充分的松弛热定型,在这种条件下,不对称结构使纤维截面的两个部分存在的不均匀应力对热收缩和变形的反应不同,从而显现的卷曲势赋予每根纤维产生三维螺旋卷曲的构型。

ESL公司研制的三维卷曲丙纶短纤品种较多,截面形状有实心型、中空型、多沟槽型等,如图2所示。其中实心型、中空型的截面都明显不呈圆形,这就是喷丝孔结构非圆形,冷却成形非对称性所造成的应力不对称,才使纤维产生了永久性卷曲。

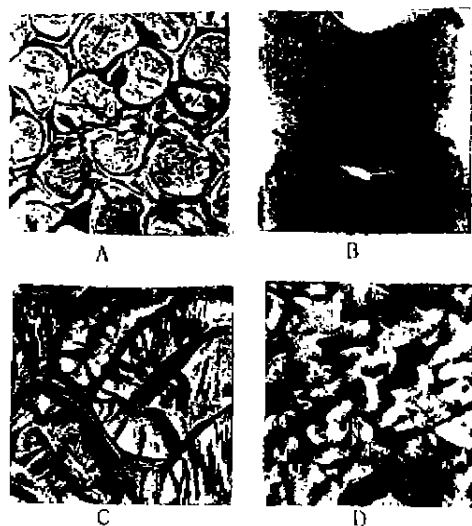


图2 ESL公司三维卷曲丙纶短纤维截面形状  
A—实心型耐燃丙纶(×400); B—实心型人工草纤维丙纶(×400)  
C—中空型丙纶(×640); D—多沟槽型丙纶(×640)

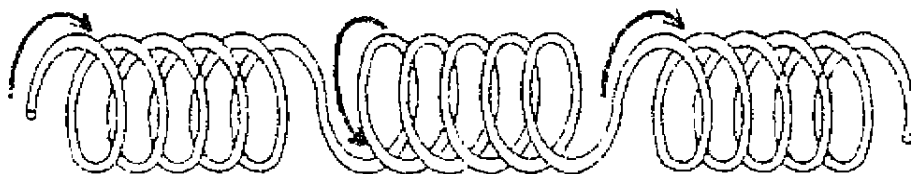


图1 三维卷曲纤维螺旋卷曲示意图

### 2.3 存在的问题

甘肃省某企业已引进上述工艺技术四个纺丝位年产 3000 吨生产线一条,初步生产实践证明该项技术开两个纺位,成形纤维卷曲效果良好;开足四个纺位,产品质量尚存在问题,工业化大生产的工程技术还有待科研人员去突破。据悉,国内已有科研单位关注此项工程技术,希望能借助引进技术的消化吸收,开发出切合我国国情的实用三维卷曲丙纶短纤维。

## 3 新型三维卷曲纤维的性能和用途

### 3.1 新型三维卷曲纤维的性能

新型三维卷曲丙纶短纤是利用高聚物熔体挤出时产生湍流、内应力不均的原理达到卷曲效果的,所以该卷曲为高分子材料内部结构产生的永久性卷曲,即使受力拉伸后卷曲仍能恢复。这一性能是传统的卷曲涤纶、丙纶、锦纶短纤维难以达到的。表 1 是用国际标准仪器 WRONZ 测得的纤度均为 6.6dtex 的标准 PP、三维卷曲 PP、涤纶中空纤维的性能比较。由表 1 可知三维卷曲 PP 纤维的回弹性最高,即承受负载后恢复形变能力最强;三维卷曲实心型 PP 纤维比标准 PP 纤维的膨松性高得多,比涤纶中空纤维略低,但若是三维卷曲中空 PP 纤维则比涤纶中空纤维的膨松性还高。

表 1 三种纤维的性能比较

纤维品种	标准 PP	三维卷曲	涤纶中空
		PP	
回弹性(g/cm <sup>3</sup> )	7	17	14
1kg 负荷, 120mm 压缩至(mm)	30	35	30
长圆管内 回弹至(mm)	90	110	110
膨松性(cm <sup>3</sup> /g)	26	40	45

ESL 公司承诺的 PP 三维卷曲短纤的机械物理性能指标见表 2。

表 2 三维卷曲丙纶短纤维产品质量指标

项目	实心三维卷曲丙纶短纤维	中空三维卷曲丙纶短纤维
纤度(dtex)	13.3	6.7
纤度偏差(%)	≤ ± 6	≤ ± 6
强度(cN/dtex)	1.8 - 3.8	1.8 - 3.6
超长纤维率(%)	≤ 1	≤ 1
断裂伸长(%)	50 - 150	50 - 150
长度偏差率(%)	≤ ± 10	≤ ± 10
含油率(%)	0.8 ± 0.3	0.8 ± 0.3
卷曲率(%)	≥ 65	≥ 65
中空度(%)		≥ 17

### 3.2 三维卷曲纤维的用途

由三维卷曲丙纶短纤的永久性卷曲性能我们

就不难发现其用途的广泛了。丙纶还有一个突出特点,即比重较小,同样体积的三维卷曲丙纶要比涤纶轻 30% 左右,比棉花轻 40% 左右;另外丙纶切片的价格也是三大熔纺聚合物中价位最低的,所以它完全能与涤纶中空短纤竞争甚至取代涤纶中空短纤作絮片或填充材料,除用作枕芯、床垫、盖被、床罩、睡袋、羽绒服、沙发、保暖鞋等物品的填充材料外,还可大量用作软体玩具的填充料。我国现在出口的软体玩具大多用进口的三维卷曲涤纶中空短纤,国产的中空涤纶纤维尚不能满足市场,造成软体玩具营销两头在外的不利因素。

三维卷曲丙纶短纤还可作为簇绒地毯的原料之一与羊毛混纺,它们经改性后甚至能在染浴中显色。另一方面,潜在的卷曲纤维可以先不进行松弛热定型,而是在地毯背面上胶烘烤时热定型,这样有利于加工。潜在的卷曲纤维有 30% 的收缩率,所以还可用来制造膨体纱。由于不必加入聚乙烯以得到高收缩纤维,三维卷曲纤维有较少的蜡感。它们与非织造布、地毯和地面覆盖物混合也很好,因为它们能给产品增加弹性和回弹性。由于聚丙烯价廉易得,所以用此纤维替代锦纶做地毯纱,不失为一条新途径。

三维卷曲丙纶短纤还可用来制作医疗卫生用品,如纸尿裤、卫生巾等,由于聚丙烯无芳环,无毒性,比涤纶更卫生。该纤维不同品种产品还可分别用来作香烟过滤嘴、汽车用非织造布、人工草坪。

## 4 结束语

ESL 三维卷曲丙纶短纤的生产工艺与通过复合纺丝达到的三维卷曲效果相比具有很多优越性:仅用一台螺杆挤压机,纺丝组件、喷丝板结构简单,聚合物原料价廉,公用工程单耗少,生产成本低。引进一套设备,对其进行消化吸收,进而将其工艺设备国产化,或部分引进关键设备,而拉伸、热定型、切断、打包等短纤通用设备由国内配套,可以节省部分外汇,降低投资,将给企业带来较高的经济效益。建议国内有些已经引进丙纶一步法生产所谓三维卷曲纤维的厂家,由于热空气喷嘴变形的卷曲势太小,卷曲率太低,产品无实际使用价值,可按此工艺技术进行技术改造,开拓化纤企业一个新的经济增长点,使企业再造辉煌。

(下转第 44 页)

2000/29(2)-44

表5 340dtex/184f 轴向染色多彩涤纶变形丝主要物理指标

项 目	厂内标准	实测指标
纤度偏差(%)	±4.0	1.67
纤度 CV(%)	1.60	0.32
断裂强度(cN/dtex)	>2.5	3.2
断裂强度 CV(%)	≤6.00	4.95
断裂伸长率(%)	20~40	24.4
断裂伸长率 CV(%)	≤8.00	7.93
卷曲收缩率(%)	5~20.00	13.7
卷曲收缩率 CV(%)	<10.0	6.10
卷曲稳定度(%)	-10~40	33.86
沸水收缩率(%)	2~6	4.2
网络度(个/m)	>90	94
染色条纹长度(mm)	10~30	8~25
颜色(种)	≥3	3

#### 4 结论

1. 生产轴向染色多彩涤纶变形丝是由半成品加工而成,原料结构性能存在差异且纤度大,加工难度大,只要严格控制和调整关键技术,在33H双喂入加弹机上进行批量生产是可行的。

2. 拉伸温度、拉伸比及拉伸比变化周期的选择是技术关键,只要合理匹配,生产的产品多彩效果良好。

3. 速比、假捻角、接压的合理匹配保证了理想的加工张力和生产的稳定性。

#### 参 考 文 献

- [1] 徐心华,李允成等编.涤纶长丝生产.北京:纺织工业出版社,1989.419
- [2] 王希岳,冯青仪等编著.仿丝型纤维及加工应用.北京:中国石化出版社,1995.15~138
- [3] 黑木宣彦著,陈水林译.染色理论化学(下册).北京:纺织工业出版社,1981.177~243
- [4] 德·B·V·法凯编著,张书绅等译.合成纤维.北京:纺织工业出版社,1987.230~231
- [5] 董纪震,何勤功,濮德林.合成纤维生产工艺学(中册).北京:纺织工业出版社,1988.127~128
- [6] 徐心华,李允成等编.涤纶长丝生产.北京:纺织工业出版社,1989.296~301

### STUDY AND EXPLOITATION ON AXIAL DYEING MULTI - COLOURED POLYESTER TEXTURED YARN

Tang Yuliang Liu Lixian Xing Bao Chen Longchu (Shandong Juxin Polyester Fiber CO. Ltd. 276500)

#### Abstract

In this paper, the production principle and process technology of axial dyeing multi - coloured polyester textured yarn produced on double - feeded texturing machine 33H were illustrated. Some process parameters and its effects on products quality were also discussed.

(上接第19页)

### THREE-DIMENSIONAL SELF-CRIMPING PP STAPLE FIBER

Pan Shujuan Wang Lejiang (China Textile Academy 100025)

#### Abstract

The principle, process, properties and uses of permanent self-crimping PP staple fiber produced by ESL Co. were discussed. The fiber was compared with other kinds of crimping staple fibers in this article. The feasibility of this self-crimping technology was evaluated and some proposals were presented to those who concerned this technology.

#### 国外动态

### 日本研究成功高强度 PP 纤维

006.143

据悉日本宇部日东化成公司开发了一种高强度聚丙烯(PP)纤维,其断裂强度是通用PP的2倍,杨氏模量是其4倍,这种新的纤维商标名为“Simtex”,与通用品种相比,热收缩性低50%,具有很强的耐化学性,尤其耐有机溶剂。Simtex的开发是基于该公司新的取向技术可使结晶最佳化。该公司已开始开发新产品的市场,用于再充电

电池隔板、溶剂用过滤器以及工业用纱,替代目前应用的尼龙和聚酯纤维。宇部日东将在其位于岐阜的研究实验室建一套10吨/月的中试装置,并计划尽早将生产能力扩大到100吨/月。这种新的PP纤维的断裂强度为8.9~11.6cN/dtex,是断裂强度首次达到8.9cN/dtex的PP纤维,而通用品种的强度为4.5~6.2cN/dtex。