

# 超细丙纶高速纺丝油剂的研制及应用

魏俊富 郑 帆 徐进云 孙长乐

(天津工业大学高新技术实业公司,天津,300160)

**摘 要:**根据超细丙纶高速纺丝工艺和纤维的特点,从油剂单体结构与性能关系着手,进行了超细丙纶高速纺丝油剂单体性能和复配技术研究。研制出适用于超细丙纶高速纺丝油剂,应用性能良好。

**关键词:**高速纺丝 超细丙纶 纺丝油剂 润湿性 聚氨酯摩擦片 研制 应用

**中图分类号:**TS 103.841 **文献标识码:**A

单纤维纤度在 1 dtex 以下的超细丙纶低弹丝,由于独特的芯吸效应,使其织物透气、导湿、轻柔、保暖,具有优良的舒适性和卫生性,是纺织行业更新换代的新产品,如著名的“ADIDAS”运动衣、美国军用内衣等都采用了细旦丙纶长丝<sup>[1]</sup>。我国的超细丙纶高速纺丝技术已达到世界先进水平,建立了数条千吨级超细丙纶高速纺丝生产线,开始从科研转入工业化生产。使用国产细旦丙纶低弹丝制造的妇女、儿童内衣投放市场后,受到了消费者的青睐,此类纤维的需求将迅速增长。但是在生产过程中发现,普通高速纺丝油剂无法满足超细纤维的工艺要求,存在可纺性差,毛丝、断头较多,产品等级品率低,假捻时聚氨酯(PU)摩擦片磨损快等问题,严重时摩擦片使用寿命只有两周左右,油剂已成为阻碍我国超细丙纶高速纺丝工业化生产的一个主要障碍。为此进行了超细丙纶高速纺丝油剂研究开发。

本文在油剂对纤维力学性能的影响、对聚氨酯摩擦盘的溶胀及均匀上油、生物降解等方面进行了研究。不仅解决了超细丙纶高速纺丝可纺性问题,提高了纤维的一等品率,同时研究了目前国内化纤油剂开发和生产中的一些基础问题,对提高我国化纤油剂研究水平具有积极意义。

## 1 实 验

### 1.1 试验主要原料

自行合成油剂用聚醚,合成方法按文献[2]。

### 1.2 主要实验方法

油剂及单体的润湿速度、表面张力、耐热、油膜强度、摩擦系统等性能测试方法按文献[3],生物降解性参照非离子表面活性剂测试方法<sup>[4]</sup>,聚氨酯溶胀参照文献[5]并进行修改,将聚氨酯试样在(90±2)℃完全浸没在油剂单体中,4天后取出、洗净、干燥,测量其质量变化,观察表面状况,进行综合评定,试验结果分为4级,A级最好,B级次之,D级最差。

### 1.3 油剂应用主要工艺及设备

POY 品种: 55dtex/96f, 88dtex/72f; DTY 品种: 48dtex/96f, 55dtex/72f; POY 纺丝机: Barmag-9E8; 高速卷绕机: Barmag-SW41S 及 CWGT-920/6; DTY 加弹机: 法国 ICBT FTF-10E3 及德国 Barmag FK6-700; 油剂使用浓度: 10%~12%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 研究目标

根据超细旦丙纶高速纺丝纤维细、加工速度高、加工工序多而导致纤维易受损伤的特点,针对均匀上油、油剂对纤维结构及力学性能和聚氨酯摩擦盘的影响、生物降解性、油膜强度等问题,从单体的结构与性能关系入手,开展了油剂配方设计和复配研究,经过在化纤厂小试、中试、大试,研制出稳定的油剂配方。

### 2.2 均匀上油

均匀上油是稳定发挥油剂各项功能的前提,油剂能否均匀附着在每根纤维的表面,直接影响到丝条与接触部件之间的摩擦行为,若出现无油或上油过少,则会使纺丝张力波动,甚至引起毛丝和断头,由于超细丙纶纤维比表面大,纤维根数多,强度低,上油均匀性显得尤其重要。均匀上油与油剂的润湿性能和表面张力有关,通常润湿速度越快,表面张力越低,上油越均匀。油剂的润湿性能主要由所用的聚醚单体结构决定,聚醚引发剂种类、醚链结构等都对其润湿能力影响很大。

表1 聚醚结构对润湿性能的影响

种类	丁醇	辛醇	月桂醇	异辛醇	丁醇嵌段
润湿/s	255	1	1.6	1	3.3

注:EO/PO 比为 50/50(mol),分子量1100,除出了丁醇嵌段外,均为无规结构。

中国石化(集团)公司科研项目,合同号:J200003。

采用中等长度( $C_8-C_{10}$ )和支链结构引发剂,以及嵌段结构的聚醚,可以有效地提高油剂的润湿性能。本项目研制的超细丙纶高速纺丝油剂润湿时间为2 s,表面张力为 $2.86 \times 10^{-6}$  N/m,润湿性能优良,可以满足均匀上油的需要。

### 2.3 油剂对聚氨酯摩擦片的溶胀

超细丙纶加弹时采用了表面硬度低但价格昂贵的聚氨酯摩擦片,普通高速纺丝油剂对聚氨酯摩擦片的溶胀很严重,假捻时高速纤维与快速旋转的摩擦片在一定张力下互相摩擦,溶胀的聚氨酯摩擦片表面很快被磨出许多沟槽,不仅影响假捻效果,而且容易出现毛丝和断头,最严重时使用寿命不足两周。所以,减少油剂对聚氨酯摩擦片的溶胀,是超细丙纶高速纺丝油剂必须解决的问题。

首先考察了油剂中常用单体对聚氨酯材料的溶胀作用,结果见表2。根据试验结果,在油剂中避免使用评价结果为D级的PEG酯和壬基酚聚醚类物质,慎重选择烷基磷酸酯盐抗静电剂,尽量选用评价为A和B级的材料,但是由于矿物油和长链脂肪酸酯并不适合在超细丙纶高速纺丝油剂中大量使用,所以选定以分子量适中(1000~2000)的EO/PO脂肪醇聚醚为主体,辅以适量高分子量聚醚和溶胀少的聚醚磷酸酯盐。研制的超细丙纶高速纺丝油剂对聚氨酯材料溶胀重量变化率为0.58%,综合评价为A-B级,使用10周没有明显磨损,远好于普通高速纺丝油剂的C-D级。

表2 油剂单体对聚氨酯材料的溶胀结果

样品	评定等级	样品	评定等级
水	A	直链醇聚氧乙烯醚	B-C
矿物油	A	支链醇聚氧乙烯醚	C
长链脂肪酸酯	A	聚乙二醇(PEG)双酯	C
较高分子量( $\geq 2000$ )EO/PO聚醚	A	聚乙二醇(PEG)单酯	D
中等分子量(1000~2000)EO/PO聚醚	A-B	壬基酚聚氧乙烯醚(OP系列)	D
低分子量( $\leq 1000$ )EO/PO聚醚	B	某些磷酸酯盐	D

### 2.4 油剂对纤维结构及力学性能的影响

POY和DTY经常要存放一段时间后才进行后加工,因此在这段时间内,油剂是否对纤维结构和力学性能存在不良影响,以及影响的程度,就成为我们关心的问题。

油剂对纤维结构和力学性能的影响分别见表3、表4。由表可见,存放30天后,POY、DTY纤维强度、伸度、结晶度、取向度等都没有发生明显的变化,

说明超细丙纶高速纺丝油剂对纤维结构和力学性能均无不良影响。

表3 油剂对超细丙纶力学性能的影响

样品及存放天数(天)	纤度(dtex/f)	纤度CV(%)	断裂强度(cN/dtex)	断裂强度CV(%)	断裂伸长率(%)	断裂伸长率CV(%)	
POY	5	54.7	0.14	2.87	0.61	98.7	0.17
	30	54.8	0.12	2.86	0.63	99.0	0.10
DTY	5	47.7	0.95	2.90	1.78	25.01	6.26
	30	47.3	0.72	2.88	1.57	25.17	5.44

表4 油剂对纤维结构的影响

样品及存放天数	熔点/°C	结晶度/%	相对取向度/%	
POY	5	170.4	65.9	90.3
	30	171.0	65.5	90.0
DTY	5	173.8	64.2	90.6
	30	174.1	64.3	90.4

### 2.5 油膜强度

强度损失是超细丙纶加弹过程中经常碰到的难题,除采用表面硬度低的聚氨酯摩擦片外,提高油剂的油膜强度,在摩擦假捻时有效地保护纤维,也是减少强度损失的一个有效手段。油膜强度表征的是油剂耐磨性,在纤维与高速旋转的摩擦片接触假捻时,附着在纤维表面的油膜在高温、高速和一定压力下不能破裂,否则油膜破裂后,就改变了纤维的摩擦行为,摩擦阻力增大,不仅影响可纺性,也使假捻时白粉增加。在设计配方时,充分考虑了这一因素,含有双键或其它极性基因,可以有效地提高油膜强度,但是在加弹时容易产生结焦,污染热板,所以在复配时加入了耐磨性好的磷酸酯和高分子量聚醚,同时选用油膜强度较高的饱和聚醚为主体,超细丙纶高速纺丝油剂的油膜强度达到88 kg,POY经拉伸加捻、解捻后,DTY强度还略有提高。

### 2.6 生物降解性

日益严重的水污染是人类面临的世界性难题,它不仅使珍贵的清洁水源更加短缺,而且还可以通过生物链危害人类健康和动、植物的生存。含有各种助剂的废水就是一种严重的污染物,往往由于其难以在短时间内迅速降解而造成水体污染。因此研究油剂的生物降解性,开发环保型可降解油剂,从根本上解决其污染问题,不仅具有一定的理论价值,而且对我国这样一个水资源严重缺乏的国家,具有重要的现实意义。

超细丙纶高速纺丝油剂的生物降解性取决于原料单体的性能。脂肪醇EO/PO无规聚醚和脂肪酸EO/PO无规聚醚的生物降解性很好,因此选为油剂的主体;而壬基酚聚醚的生物降解性差,不宜使用;

聚醚分子链上含有大的 PO 嵌段(block),也难以生物降解,本课题在聚醚分子结构设计时充分考虑到这一点,采用多个小嵌段来调节其性能。研制成功的超细丙纶高速纺丝油剂具有良好的生物降解性,生物降解率达到 97%。

## 2.7 应用

油剂的应用上机实验分别在中原油田舒普凡化纤厂和中科院丝普纶公司进行,实验结果见表 5。

试验表明,超细丙纶高速纺丝油剂前纺的可纺

性好、上油均匀,飞溅少,高速纺丝生产顺利,POY 纤维质量优良,POY 退绕顺利。能够满足拉伸假捻工艺要求,假捻张力均匀,纺丝稳定,毛丝、断头少,DTY 一等品率明显提高。聚氨酯摩擦片磨损小,加弹后 DTY 没有强度损失,易操作。

## 3 油剂指标及性能

超细丙纶高速纺丝油剂指标及性能见表 6。

表 5 油剂的实际应用质量指标

样品	纤度 (dtex/f)	纤度 CV (%)	断裂强度 (cN/dtex)	断裂强度 CV (%)	断裂伸长率 (%)	断裂伸长 CV (%)	沸水收缩率 (%)	含油率 (%)	一等品率 (%)
POY	55.4/96	0.14	2.87	0.61	99.0	0.10	3.88	0.65	
	88/72	1.63	2.3	3.84	140	3.45	3.0	0.8	
DTY	47.6/96	0.19	2.89	0.61	25.01	1.2			86.4
	55.3/72	4.5	3.0	10.0	28	12.0			87

表 6 超细丙纶高速纺丝油剂指标及性能

项 目	油剂指标	项 目	油剂性能	项 目	摩擦系数
外观	浅黄色透明液体	润湿时间(s)	2.0	$F/C\mu_d$ (纤维与陶瓷间动摩擦)	0.425
有效物(%)	80~82	烟点(°C)	136	CV(%)	1.50
色相(APHA)	≤300	表面张力(N/cm)	$28.6 \times 10^{-6}$	$F/F\mu_s$ (纤维与纤维间静摩擦)	0.061
pH 值(1%)	6~8	闪点(°C)	218	CV(%)	3.41
乳液稳定性(12%)	72 h 稳定	油膜强度(kg)	88		

## 4 结 论

1. 根据超细丙纶高速纺丝工艺和纤维的特点,从油剂单体结构与性能关系着手,进行了超细丙纶高速纺丝油剂单体性能和复配技术研究。研制出的油剂可均匀上油,生物降解性好,对聚氨酯摩擦片的溶胀小,对纤维结构及力学性能没有不良影响,油膜强度高。

2. 超细丙纶高速纺丝油剂经纤维生产应用考核,能满足纺丝和后加工工艺要求,可纺性好,生产过程顺利,产品质量达到质量标准,DTY 一等品率达到 85% 以上。

## 参 考 文 献

- 1 陈铁楼等.复合超细丙纶及应用.合成纤维工业,1996(1):45~49.
- 2 魏俊富等.高速纺丝油剂用聚醚的合成研究.合成纤维工业,1999(3):8~11.
- 3 魏俊富等.远红外丙纶高速纺丝油剂的研制.合成纤维工业,2000(2):27~29.
- 4 GB/T 15818-1995.阴离子和非离子表面活性剂生物降解度实验方法.
- 5 Effect of Lubricants and Their Components on Polyurethane Materials. Chemiefasern/Textilindustrie, 1990/92(4):E27.

## 欢迎订阅《纺织学报》

由中国纺织工程学会主办的《纺织学报》是一份面向国内外纺织、服装等企事业单位、大专院校、科研院所、管理机构、内外贸、军工、轻工、商业等单位发行的综合性科技期刊,大 16 开、双月出版。本刊自 1979 年创刊至今,已在国内外纺织界取得很高的荣誉,欢迎广大新老读者订阅。

订阅热线: **010 - 65017711/55**