

涤纶生产工人技术读本

涤纶后加工



纺织工业出版社

涤纶生产工人技术读本

涤纶后加工

蔡栋才 辜昌基 董义强 编

纺织工业出版社

内 容 简 介

本书是《涤纶生产工人技术读本》丛书中的一册。书中全面而简明地叙述涤纶短纤维、涤纶长丝、涤纶弹力丝后加工生产工艺和设备，同时对后加工过程中涤纶拉伸、热定型以及变形加工工艺原理，长丝、弹力丝的网络加工，工程管理，工艺计算，油剂配制，纤维成品和半成品的物理测试，化学分析等内容均作了较详细的介绍。

本书可和《涤纶纺丝》一书相配套，作为涤纶厂新工人培训教材，也可供涤纶厂生产工人自学，以及从事涤纶生产的管理干部、技术人员参考。

责任编辑：周皎林

涤纶生产工人技术读本

涤纶后加工

蔡株才 辜昌基 董义强 编

*

纺织工业出版社出版

(北京东长安街11号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张：10 26/32 插页：1 字数：336千字

1986年11月 第一版第一次印刷

印数：1—6,000 定价：2.20元

统一书号：15041·1476

前 言

随着我国合成纤维工业的迅速发展，广大从事合成纤维工业生产的工人、技术人员和干部迫切需要理论与生产实践相结合，通俗易懂的合成纤维技术书籍，以供学习和参考。我们继编写《涤纶纺丝》之后又编写《涤纶后加工》一书，就是力图适应这一需要，并期望在蓬勃兴起的群众性的学习技术的热潮中，起到一定的作用。

本书是以近年来兴建的大型涤纶工厂的生产实践为主要依据，并参考国内外有关资料进行编写的。第一、二、六、七章由蔡栋才编写，第三、四、五章由辜昌基编写，第八章由董义强编写，并由蔡栋才对全书进行审核。

本书在编写过程中，得到有关同志的大力支持和帮助，在此表示深切的感谢！

由于我们生产经验不足，水平有限，书中谬误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

封面设计：吴运鸿

科技新书目：132 — 187

统一书号：15041·1476

定 价： 2.20 元

目 录

第一章 涤纶后加工的工艺原理	(1)
第一节 涤纶初生纤维的拉伸原理	(1)
一、拉伸应力-应变曲线.....	(1)
二、拉伸过程中纤维结晶的形成.....	(4)
三、拉伸过程中纤维取向度的变化.....	(5)
第二节 涤纶的热定型原理	(8)
一、热定型过程中纤维结构的变化.....	(8)
二、热定型过程中纤维物理-机械性质的变化.....	(13)
第二章 涤纶短纤维的后加工	(19)
第一节 概述	(19)
一、高强低伸型涤纶短纤维的生产工艺.....	(19)
二、普通型涤纶短纤维的生产工艺.....	(19)
第二节 集束	(23)
一、初生纤维性能的经时变化.....	(23)
二、集束工艺控制和操作.....	(26)
三、集束架的结构.....	(29)
第三节 拉伸	(29)
一、固定和控制拉伸点的方法.....	(29)
二、拉伸工艺的制订和控制.....	(37)
三、拉伸工序的设备.....	(47)
四、拉伸工序的操作.....	(52)
五、拉伸工序的运转管理和故障处理.....	(54)
第四节 紧张热定型	(59)
一、紧张热定型工艺的制订和控制.....	(59)

二、紧张热定型机	(66)
第五节 卷曲	(71)
一、填塞式机械卷曲的原理和纤维的卷曲性能	(71)
二、卷曲工艺的制订和控制	(75)
三、卷曲工序的设备	(82)
四、卷曲机的操作	(86)
五、卷曲工序的运转管理和故障处理	(89)
第六节 松弛热定型	(96)
一、松弛热定型工艺的制订和控制	(96)
二、松弛热定型机	(97)
三、松弛热定型机的操作	(99)
四、松弛热定型的运转管理和故障处理	(100)
第七节 切断	(103)
一、切断工序流程概述	(103)
二、切断机	(105)
三、切断工序的操作	(115)
四、切断工序的运转管理和故障处理	(116)
第八节 打包	(120)
第三章 涤纶长丝的后加工	(123)
第一节 拉伸机概述	(123)
一、卷绕丝筒子架	(123)
二、喂入辊、拉伸盘及其传动系统	(126)
三、加热器	(130)
四、拉伸机的卷绕成形系统	(132)
第二节 拉伸的工艺和操作	(144)
一、卷绕丝的存放	(144)
二、卷绕丝的应力-应变曲线	(147)

三、拉伸温度、拉伸倍数和拉伸张力·····	(148)
四、长丝拉伸时的热定型·····	(156)
五、工艺操作和常见故障的处理·····	(159)
第三节 再加捻和再定型·····	(169)
第四节 选别和包装·····	(171)
一、长丝的质量标准·····	(172)
二、选别包装用具和包装材料·····	(174)
三、选别包装的操作·····	(177)
四、自动包装系统简介·····	(179)
第四章 涤纶弹力丝的制造·····	(183)
第一节 弹力加工对涤纶原料长丝的质量要求·····	(184)
一、纤度·····	(185)
二、强度·····	(185)
三、伸度·····	(185)
四、条干不匀率·····	(186)
五、截面不匀率·····	(186)
六、油剂·····	(186)
第二节 涤纶弹力丝机概述·····	(187)
一、原丝筒子架·····	(189)
二、各输送辊的形式和传动系统·····	(190)
三、加热器·····	(195)
四、假捻锭组·····	(200)
五、卷绕成形系统·····	(212)
第三节 弹力加工的工艺和操作·····	(218)
一、假捻法弹力加工的原理·····	(218)
二、假捻数·····	(219)
三、加热时间·····	(223)

四、冷却时间	.....	(225)
五、加热温度	.....	(225)
六、加捻和解捻张力	.....	(228)
七、超喂率	.....	(229)
八、弹力丝机的工艺操作和常见故障处理	.....	(232)
第四节 拉伸假捻一步法	.....	(240)
一、高速卷绕和拉伸假捻一步法	.....	(241)
二、DTY机	.....	(243)
三、DTY加工的工艺条件	.....	(251)
第五章 涤纶长丝弹力丝的网络加工	.....	(266)
第一节 网络丝的加工原理	.....	(266)
第二节 网络器的设置区域	.....	(268)
第三节 网络器	.....	(272)
一、封闭型网络器	.....	(272)
二、开启型网络器	.....	(274)
三、非导电型网络器	.....	(275)
第四节 网络加工条件和网络丝的物理性能	.....	(276)
一、丝束张力	.....	(276)
二、压缩空气压力	.....	(277)
三、强伸度	.....	(278)
四、摩擦系数	.....	(279)
第六章 涤纶后加工生产计算	.....	(281)
第一节 常用单位的计算	.....	(281)
一、纤度	.....	(281)
二、捻度	.....	(283)
三、断裂强度	.....	(284)
第二节 涤纶短纤维后加工生产计算	.....	(285)

一、拉伸倍数	(285)
二、集束拉伸总纤度	(286)
三、集束盛丝桶数	(287)
四、短纤维生产能力	(288)
第三节 涤纶长丝、弹力丝后加工生产计算	(290)
一、涤纶长丝、弹力丝设备生产能力	(290)
二、落丝时间	(292)
第七章 涤纶油剂	(295)
第一节 涤纶生产工艺过程和油剂的作用	(295)
第二节 涤纶油剂的基本性能	(298)
一、抗静电性	(298)
二、摩擦特性	(300)
三、其他	(302)
第三节 涤纶油剂的组成和调制	(302)
一、涤纶短纤维油剂的组成	(302)
二、涤纶长丝、弹力丝油剂的组成	(304)
三、涤纶油剂的配制	(306)
第八章 涤纶的检验	(310)
第一节 短纤维的检验	(310)
一、纤度	(310)
二、断裂强度和断裂伸长	(311)
三、纤维平均长度和超长纤维	(312)
四、倍长纤维	(314)
五、卷曲度和卷曲数	(315)
六、纤维回潮率	(316)
七、疵点	(316)
八、干热收缩率	(317)

九、含油率.....	(319)
第二节 长丝和弹力丝的检验.....	(319)
一、纤度.....	(319)
二、断裂强度和断裂伸长.....	(320)
三、沸水收缩率.....	(321)
四、油剂含量.....	(322)
五、条干均匀度.....	(323)
六、内应力.....	(324)
七、染色均匀性.....	(325)
八、弹力丝卷缩性能.....	(326)
九、弹力丝的残留扭矩.....	(328)
十、外观检验.....	(329)

第一章 涤纶后加工的 工艺原理

采用普通常规熔体纺丝方法纺制的涤纶初生纤维（卷绕丝），由于仅具有微弱的结晶度和很小的取向度，纤维结构基本上属于无定形，所以表现为纤维的物理-机械性质很差，如强度低、伸长大、尺寸稳定性差，这种纤维没有实用价值，不能直接用于纺织加工。通常必须经过后加工，使纤维的结构和表面形态发生变化，从而提高纤维的物理-机械性质，通过后加工的纤维具有实际使用价值。涤纶后加工主要是拉伸和定型。本章主要阐述涤纶初生纤维拉伸和热定型的基本工艺原理。

第一节 涤纶初生纤维 的拉伸原理

一、拉伸应力-应变曲线

如果拿一束或单根涤纶初生纤维放到拉伸试验机上进行拉伸，就可得到如图1-1所示的应力-应变曲线。通过应力-应变曲线可分析研究涤纶初生纤维的拉伸原理。由于涤纶初生纤维是非晶态的无定形高聚物，当它在玻璃化温度 T_g 以下拉伸时，可观察到典型的细颈现象。据根拉伸应力-应变曲线的形状，拉伸过程可分为如下几个阶段：

(1) 拉伸的最初阶段：即拉伸曲线图上 $o \sim a$ 段。这一阶

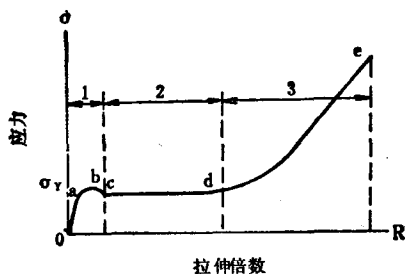


图1-1 涤纶初生纤维应力-应变曲线

段的特征是拉伸应力急剧增大，甚至几乎呈直线上升，但应（形）变却很小，对于熔体纺卷绕丝（如涤纶初生纤维）一般不超过5~30%。拉伸纤维的形变符合弹性规律的普弹形变，此直线的斜率称为弹性模数（杨氏模数）。

(2) a~b段：a~b段拉伸的特征是曲线的斜率随拉伸倍率的增大而下降，换言之，纤维发生单位形变的应力虽仍在增加，但增加的速率减小，此时纤维的形变属于高弹形变。在a~b段的终点b出现一个转折点，即屈服点，对应于屈服点b的应力称为屈服应力。屈服应力和弹性模数均为材料拉伸特性的重要参数，数值的大小表示纤维材料反抗形变的能力。

(3) 细颈生成与发展阶段：即拉伸曲线图上b~c和c~d段。b~c段是细颈生成阶段，此阶段的拉伸特征是出现纤维形变不均匀，即在纤维的某一部位的横截面突然变细，变细的部分称为细颈。从形变角度可发现虽拉伸形变不断增大，但拉伸应力却有所下降。拉伸过程中出现细颈现象，主要是因为拉伸时放热使高聚物分子链段活动能力增强，纤维发生软化，以及拉伸初期潜在拉伸应力在这时得以松弛平衡所

致。在涤纶后加工过程中， $b \sim c$ 段通常称为拉伸点（或拉伸区），控制稳定拉伸点（或拉伸区）是拉伸工艺中重要的条件之一。

细颈发展阶段即拉伸曲线图上 $c \sim d$ 段，从 c 点开始进一步拉伸，使未拉伸部分逐渐被拉细，到 d 点后细颈发展到整个纤维。这一拉伸阶段的主要特征如图所示，虽然纤维形变发生很大变化，但拉伸应力几乎保持不变；从纤维内部大分子结构来看，卷曲的、排列不整齐的大分子，逐渐转变为沿纤维轴向整齐排列。产生这个特征的主要原因是因为 $c \sim d$ 段的拉伸并不是已变细的细颈继续拉细，而仅是使未变细的纤维继续变为细颈，因此，拉伸应力基本上和最初生成细颈时的应力相等，这就是 $c \sim d$ 段拉伸应力不随拉伸形变变化的原因。对应于 d 点的拉伸倍数称为自然拉伸倍数。

(4) 细颈拉伸阶段 $d \sim e$ 段： $d \sim e$ 段是拉伸的最后阶段。该拉伸阶段中，已全部转变为细颈的纤维进一步拉伸变细，所以必须施加更大的拉伸应力。从曲线图上可看出拉伸应力随拉伸形变的增大而增大。当达到 e 点时，拉伸应力达到纤维材料的极限拉伸应力，于是纤维发生断裂。对应于 e 点的拉伸倍数称为断裂拉伸倍数，对应于 e 点的拉伸应力称为断裂应力。

通过对涤纶初生纤维拉伸曲线的分析，并观察拉伸纤维的粗细（纤度），即可发现 $o \sim a$ 段纤度基本无变化； $b \sim c$ 段纤维纤度极不均匀，形成细颈的和未形成细颈的部分同时存在；从自然拉伸区后的 d 点愈向右端，拉伸倍数愈高，拉伸应力愈大，拉伸纤维纤度均匀，强力提高，伸度下降。在实际生产过程中，涤纶的拉伸倍数必须大于自然拉伸倍数，小于断裂拉伸倍数。

应指出涤纶初生纤维的拉伸过程中，产生的细颈现象随着拉伸条件不同而有所变化，特别与拉伸温度密切相关。

二、拉伸过程中纤维结晶的形成

涤纶在熔融纺丝过程中，初生纤维（卷绕丝）几乎完全不结晶，所以未拉伸丝呈无定形结构。其不结晶的原因主要是熔纺过程熔体温度下降快，当丝条还未来得及结晶，温度已下降到玻璃化温度 T_g 以下，而 T_g 以下涤纶的结晶能力极差；纺丝过程中纺丝张力（应力）小；整个纺丝过程从熔体到固体丝条时间很短。但初生纤维在拉伸过程中无论是拉伸应力、拉伸温度、拉伸时间皆比纺丝时有利得多，所以在拉伸过程中，纤维能结晶。图1-2是拉伸过程中，涤纶密度和拉伸倍数的相互关系曲线。从图可看出拉伸倍数约为3倍时，密度急剧变化；到3.8~4倍，密度趋于饱和值为1.369克/厘米³(g/cm^3)；即使再提高拉伸倍数，纤维密度变化不大。另外，从图1-3亦明显地看出在拉伸应力作用下，结晶速度可

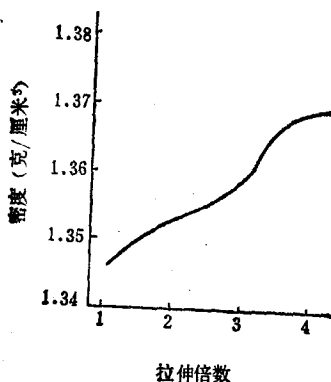


图1-2 涤纶密度和拉伸倍数的关系

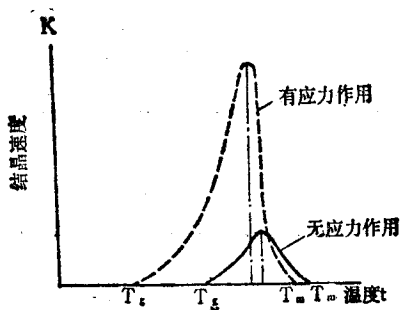


图1-3 拉伸过程中结晶速度与应力和温度的关系

增大很多。

拉伸过程中，涤纶能结晶，除了拉伸应力这一因素外，温度是一个主要因素，这点从图1-3结晶曲线亦可说明。涤纶温度在 T_g 以下时，因为大分子链段的活动能力很弱，结晶速度接近零；反之，涤纶在熔点 T_m 时，由于大分子链段活动能力太大，分子运动剧烈，所以结晶速度也等于零。涤纶的最大结晶速度温度约为 186°C ，一般说来，温度愈接近最大结晶速度温度，结晶度愈高，实践证明拉伸过程中拉伸温度必须高于 80°C 以上（在水中或其他增塑剂作用下，拉伸温度可适当低些）才能形成一定的结晶度。

综上所述：涤纶拉伸过程中能结晶主要是拉伸温度和拉伸应力共同作用的结果。但在生产过程中，由于工艺、设备的限制，拉伸过程中涤纶获得的结晶度较低，约在 $10\sim 15\%$ ，这就有必要在后面的热定型工序继续提高纤维的结晶度。

三、拉伸过程中纤维取向度的变化

涤纶初生纤维经过拉伸，不仅获得适当的结晶度，而且提高了纤维的取向度。有了适当的结晶度和较高的取向度，

就有可能保证成品纤维具有预期的性能。

取向度就是取向的程度，即高聚物大分子链段在外力场作用下，沿轴向择优排列的现象。取向度通常用双折射 Δn 来表征， Δn 数值大说明取向度高，反之取向度差。图1-4是涤纶初生纤维拉伸过程中双折射和拉伸倍数的相互关系。由图可见，随着拉伸倍数提高，纤维的双折射 Δn 不断增大，特别

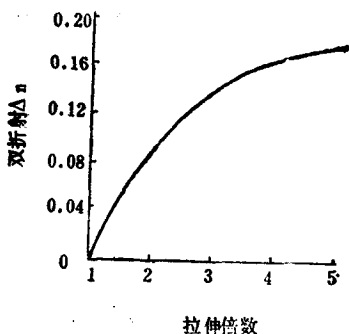


图1-4 拉伸纤维双折射 Δn 与拉伸倍数关系

是在拉伸1.5~3倍的范围内。在拉伸3倍之后，纤维双折射 Δn 随拉伸倍数的增大趋势渐趋缓慢。下面通过观察拉伸过程中纤维细颈双折射 Δn 的大小和分布情况，来说明拉伸过程中纤维取向度的变化机理。图1-5(a)、(b)、(c)分别表示拉伸1.2倍、1.5倍、2倍后细颈双折射 Δn 大小和分布图。从图可看出，拉伸初期，拉伸倍数为1.2倍时， Δn 在 17×10^{-3} 左右，数值为最大，重量分数约占0.5。此时 Δn 数值大部分集中于低数值部分，平均 Δn 数值很小，说明拉伸倍数1.2倍时，纤维的取向度很差。拉伸1.5倍时，测得的双折射 Δn 分布很不均一，从分布图上可看到若干个小峰，但其平均值逐步向 Δn 数值大的方向移动，这说明纤维受到不同程