

纺织新技术书库

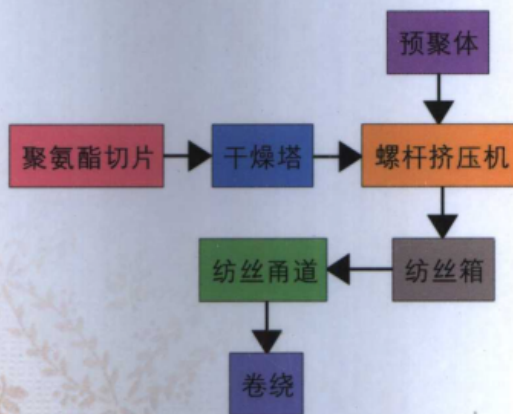
27

RONGFANG
JUANZHI
XIANWEI

熔纺

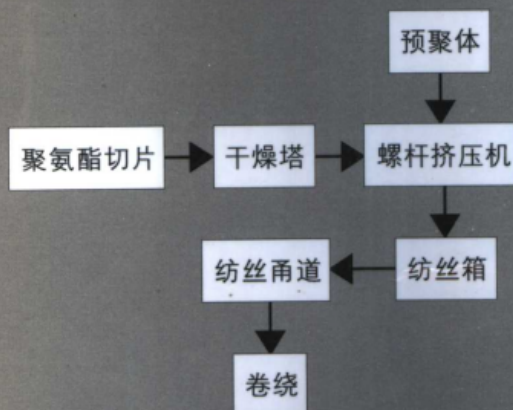
郭大生 王文科 ©编著

聚氨酯纤维



熔纺聚氨酯纤维工艺流程图

策划编辑: 李东宁
特约编辑: 刘光馥
责任编辑: 董友年
封面设计: 李 强



熔 纺 聚 氨 酯 纤 维

ISBN 7-5064-2487-8



9 787506 424875 >

定价: 48.00 元

纺织新技术书库②⑦

Rong Fang

熔纺聚氨酯纤维

郭大生 王文科 编著



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书介绍熔纺聚氨酯纤维的纺丝聚合物的原料体系和合成原理及其性能,重点描述了熔纺聚氨酯纤维的纺丝工艺过程、反应原理、工程装置的特点,讨论了聚氨酯纤维的分子结构、超分子结构和形态结构对纤维性能的影响以及聚氨酯纤维的性能和用途,并全面地介绍了聚氨酯纤维的加工、织造和染整等后加工技术。

本书为聚氨酯纤维原料生产、纤维加工、织造和染整行业的研究人员、工程技术人员提供了重要的参考资料。也可以作为技术干部和工人的行业培训教材或合成纤维专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

熔纺聚氨酯纤维/郭大生,王文科编著. —北京:中国纺织出版社, 2003.3

纺织新技术书库⑦

ISBN 7-5064-2487-8/TS·1644

I. 熔… II. ①郭… ②王… III. 聚氨酯-纺织纤维-生产工艺 IV. TS102.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 091504 号

策划编辑:李东宁	特约编辑:刘光馥	责任编辑:董友年
责任校对:俞坚沁	责任设计:何建	责任印制:刘强

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

电话:010-64160816 传真:010-64168226

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2003年3月第一版第一次印刷

开本:889×1194 1/32 印张:20.5

字数:475千字 印数:1—3000 定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

前 言

人们对弹性纤维的需求可以上溯到 19 世纪初叶。开始人们将橡胶薄片切成长条做纤维,用于弹性织物的生产,但是橡胶纤维的质量低下,满足不了弹性织物生产的需要,故开始寻找新的纺丝聚合物。1937 年, Otto Bayer 和 H. Rinke 首先合成了聚氨酯的材料 Durethane U,开发聚氨酯纤维的熔法纺丝技术,研制出熔点高、结晶型的 Dorlon 纤维,但是由于当时合成技术的限制,解决不了这种纤维弹性回复率低的问题,从而开始研究湿法和干法聚氨酯纤维生产工艺。由于湿法聚氨酯纤维生产工艺产量低、污染严重而逐渐退出聚氨酯生产领域。干法聚氨酯纤维工艺则因产量高、质量好而成为湿法生产的替代工艺,但是干法的设备复杂、投资大,限制了生产规模的扩大。

近年来,由于人们环保意识不断增强,对生产干法聚氨酯纤维的溶剂二甲基甲酰胺和二甲基乙酰胺提出了质疑。溶剂不但影响干法纤维生产过程,还使纤维的后加工过程的环境压力增大。和聚氨酯分子以氢键结合的溶剂,在消费者的服用过程中缓慢地释放,也影响人们的健康。另外一个被人们忽视的问题是,干法聚氨

酯纤维的初始模量较大,特别是在作为内衣穿着时,对肌体产生较为严重的束缚力,影响正常的血液循环,对健康不利。

在 20 世纪末,熔纺聚氨酯纤维开始问世,经过聚合物研究者和熔纺工艺研究者的不断努力,熔纺聚氨酯纤维的产品质量指标和干法产品接近,在很多领域替代干法产品。由于熔纺聚氨酯纤维生产过程无溶剂,故不存在环境污染问题。更重要的是熔纺聚氨酯纤维的初始模量较低,对人体的束缚力较小,是一种“绿色”产品,适于生产内衣类弹性织物。

《熔纺聚氨酯纤维》一书是作者及其同事多年来研究熔纺聚氨酯纤维的结果,全书共 11 章,较全面地阐述了熔纺聚氨酯纤维的原料体系特点和工艺、生产工艺的过程和原理、装置特点和作用、纤维的结构和性能、产品的质量检查和化验等,并介绍了溶液纺丝的生产过程和原理。书中给出了作者关于熔纺聚氨酯纤维工艺的研究结果,并从分子结构对产品质量的影响和对生产过程及原料合成的要求进行了重点阐述。

期望《熔纺聚氨酯纤维》一书能对从事熔纺聚氨酯纤维生产和聚氨酯原料研究的工作者有一定的帮助,本书也可以作为合成纤维专业师生的教学参考用书。

《熔纺聚氨酯纤维》一书在编写过程中得到诸多同行的帮助,在此示谢。

作 者

2003 年 3 月于大连

目 录

第一章 绪论	1
一、聚氨酯及其纤维技术的由来	2
二、聚氨酯纤维工业的现状	7
三、聚氨酯纤维工业的发展	11
四、聚氨酯纤维纺丝技术的发展趋势	13
参考文献	18
 第二章 聚氨酯纤维的原料体系	20
第一节 异氰酸酯	22
一、异氰酸酯的合成	23
二、异氰酸酯的种类	25
三、异氰酸酯合成领域的技术进步	35
第二节 聚酯二醇	37
一、聚酯二醇的合成	37
二、聚酯二醇的品质指标	41
三、几种特殊的聚酯二醇	43
第三节 聚醚二醇	47
一、聚氧化烯烃	47
二、聚四氢呋喃醚二醇	53

三、共聚酯二醇	59
第四节 扩链剂、扩链交联剂与添加剂	61
一、扩链剂	63
二、扩链交联剂	65
三、添加剂	68
参考文献	74
 第三章 异氰酸酯化学	79
第一节 异氰酸酯的结构及其特性	80
一、异氰酸酯的结构特征及其反应机理	80
二、取代基效应	82
三、空间效应	83
四、异氰酸酯与活泼氢化物的反应常数和 活化能	90
第二节 异氰酸酯与羟基化合物的反应	92
一、异氰酸酯与醇的反应	92
二、异氰酸酯与水的反应	103
三、异氰酸酯与羧酸的反应	105
四、异氰酸酯与酚的反应	106
第三节 异氰酸酯与氨基化合物的反应	107
一、异氰酸酯与脲的反应	112
二、异氰酸酯与氨基甲酸酯的反应	113
三、异氰酸酯与酰胺的反应	114
四、异氰酸酯的聚合反应	115
参考文献	119

第四章 聚氨酯的合成	120
第一节 预聚体的合成	121
一、预聚体合成的反应原理	121
二、预聚体的合成工艺	122
三、影响预聚体合成的因素	125
四、特殊用途的预聚体	137
第二节 扩链交联反应	139
一、预聚体的扩链反应	139
二、聚氨酯的交联反应	145
第三节 影响聚氨酯合成的因素	150
一、二异氰酸酯的影响	151
二、聚合物二醇	157
三、配料比 R	160
四、影响反应速度的因素	162
五、催化剂对异氰酸酯反应的影响	169
参考文献	177
 第五章 热塑性聚氨酯	 181
第一节 热塑性聚氨酯的合成	182
一、合成热塑性聚氨酯的种类及反应原理	182
二、合成热塑性聚氨酯的方法	183
三、热塑性聚氨酯的生产设备	194
四、TPU 合成技术的进展	198
第二节 热塑性聚氨酯的性能	199
一、力学性能	199

二、物理性能	208
第三节 热塑性聚氨酯的种类	213
一、线性热塑性聚氨酯	213
二、轻度交联热塑性聚氨酯	228
参考文献	230
第六章 溶液纺丝技术	233
第一节 化学反应法溶液纺丝	233
一、预聚体的制备	234
二、预聚体溶液的配制	235
三、扩链固化反应	238
四、后处理	241
五、化学反应法与混法溶液纺丝的比较	242
第二节 湿法溶液纺丝	243
一、预聚体的制备	243
二、纺丝聚合物溶液的配制	243
三、湿法溶液纺丝工艺	245
四、纺丝条件对纤维结构的影响	247
五、湿法与干法溶液纺丝的比较	249
第三节 干法溶液纺丝	250
一、预聚体的制备	251
二、纺丝聚合物溶液的配制	252
三、干法溶液纺丝工艺	256
四、溶剂回收	259
五、干法溶液纺丝工艺的进展	261

六、溶液纺丝的纤维结构特征	262
七、溶液纺丝存在的问题	265
参考文献	266
第七章 熔法纺丝技术	268
第一节 熔法纺丝工艺过程的反应原理	268
一、热塑性聚氨酯与预聚体的合成反应	268
二、预聚体的交联反应	269
第二节 聚酯型聚氨酯的熔法纺丝技术	273
一、原料的质量标准	273
二、纺丝工艺流程	277
三、熔法生产聚氨酯纤维的工艺条件	278
四、聚氨酯纤维的热处理	285
第三节 聚醚型聚氨酯的熔法纺丝技术	285
一、原料的质量标准	285
二、熔法生产聚醚型聚氨酯纤维的工艺条件	288
第四节 熔纺过程的工艺计算与参数设定	295
一、工艺计算	295
二、设备特性参数的标定	299
三、重要工艺参数的设定	301
第五节 熔法纺丝技术的研究	304
一、纺丝温度	304
二、拉伸倍数	305
三、卷绕头超喂率	307
四、卷绕速度	308

五、热处理时间	311
第六节 熔纺技术的进展	314
一、纺丝聚合物的研究	314
二、熔纺纺丝工艺路线的研究	324
三、预聚体法聚氨酯纤维熔纺技术的研究	331
第七节 熔纺生产的工业卫生	336
一、安全防护措施	336
二、空气调节	337
三、原辅材料的储存	337
四、常用聚氨酯工业安全卫生指标	338
参考文献	342
 第八章 熔法纺丝装置	 345
第一节 纺丝装置的性能与技术参数	345
一、聚氨酯切片干燥装置	345
二、纺丝装置	346
三、卷绕装置	353
第二节 纺丝装置的操作程序	354
一、连续干燥装置的操作程序	354
二、纺丝装置的操作程序	360
三、卷绕机的操作程序	364
四、卷绕头的操作程序	364
五、热处理操作程序	366
六、电气仪表操作规程	367
七、公用工程的技术要求	368

第三节 卷绕头的安装与操作程序	368
一、卷绕头的外形	368
二、机械和操作说明	371
三、操作注意事项	380
四、安装和操作准备	384
五、操作程序	386
六、横动导丝器的更换	391
七、报警	392
八、卷绕条件对卷装成形的影响	394
 第九章 聚氨酯纤维的结构与性能	396
第一节 聚氨酯纤维的分子结构与性能	396
一、软段对聚氨酯纤维性能的影响	398
二、硬段对聚氨酯纤维性能的影响	407
三、结构的规整性	417
四、聚氨酯纤维分子主链中基团的特征	419
第二节 聚氨酯纤维的超分子结构与性能	423
一、结晶	424
二、微相分离	428
三、氢键化	437
四、取向	446
第三节 聚氨酯纤维的形态结构与性能	450
一、聚氨酯纤维的形态结构特征	450
二、形态结构参数	462
三、形态结构与聚氨酯纤维的性能	467

参考文献	472
------------	-----

第十章 聚氨酯纤维的性能、应用及其后加工 477

第一节 聚氨酯纤维的性能 477

一、聚氨酯纤维的物理机械性能	477
----------------------	-----

二、聚氨酯纤维的化学性能	483
--------------------	-----

三、聚氨酯纤维的质量指标	494
--------------------	-----

第二节 聚氨酯纤维的应用 496

一、聚氨酯纤维加工纱的类型及应用	496
------------------------	-----

二、不同线密度聚氨酯纤维的用途	498
-----------------------	-----

三、聚氨酯纤维织物的类型及应用	502
-----------------------	-----

四、聚氨酯纤维应用领域的技术开发	502
------------------------	-----

五、聚氨酯纤维新品种的开发	504
---------------------	-----

六、聚氨酯纤维加工纱和织物的消费趋势	508
--------------------------	-----

第三节 聚氨酯纤维的包覆 510

一、包覆纱	510
-------------	-----

二、包芯纱	517
-------------	-----

三、合捻纱	523
-------------	-----

第四节 聚氨酯纤维的织造 526

一、聚氨酯纤维加工纱的整经	526
---------------------	-----

二、聚氨酯纤维的机织	539
------------------	-----

三、针织纬编	543
--------------	-----

四、针织经编	546
--------------	-----

第五节 聚氨酯纤维织物的染整 549

一、编织物的染整工艺	549
------------------	-----

二、梭织物的染整工艺	557
第六节 聚氨酯纤维及加工技术的进展	558
一、Dupont 技术	558
二、Toray - Dupont 技术	559
三、Roica 纤维的技术特点及其生产能力	568
四、东洋纺的技术特征	570
五、Kurare 公司产品的特性	571
六、钟纺公司的熔纺聚氨酯纤维	574
七、Mobilon 纤维的性能及其染整技术	576
八、Fujibo Spandex 的特性及加工技术	586
参考文献	592
 第十一章 物检与化验	 595
第一节 聚氨酯原材料的化学分析	595
一、聚合物二醇	595
二、异氰酸酯	604
第二节 预聚体的分析与化验	612
一、异氰酸酯基含量	612
二、预聚体中游离态 MDI 含量的测定	614
三、预聚体中脲基甲酸酯和缩二脲的测定	615
第三节 聚氨酯切片分析方法	617
一、切片含水率的测定	617
二、熔融指数的测定	619
三、相对黏度的测定	620
四、熔点的测定	621

五、纤维中痕量游离态—NCO 含量的测定	622
六、聚氨酯切片的定型测试	625
第四节 聚氨酯纤维的物检与化验	626
一、线密度的测试	626
二、断裂强度、断裂伸长率的测试	627
三、定伸应力的测试	628
四、沸水收缩率的测试	629
五、定伸长(100%, 300%)弹性回复率的 测试	630
六、干热、湿热 200% 弹性回复率的测试	631
七、含油率的测试	632
参考文献	633

第一章 绪 论

聚氨酯纤维是一种含有 85 % 以上氨基甲酸酯的、具有线性链段结构的高分子化合物制成的弹性纤维(Spandex),我国商品名称为氨纶。是橡胶纤维的换代产品。

在 19 世纪初,人们将橡胶薄片切成长条做纤维,用于弹性织物的生产,并将这一古老工艺沿用了一个世纪,直到 20 世纪 30 年代才开始使用橡胶乳液经挤压成型、硫化生产橡胶纤维。但是橡胶纤维的质量低下,满足不了弹性织物生产的需要,故开始寻找新的纺丝聚合物。当时所确立的目标值是,该纺丝聚合物能够纺出直径为 $50\sim 100\mu\text{m}$ 的弹性纤维,纤维的断裂伸长率在 400 % 以上,有较好的弹性回复性并能满足纺织加工过程中所需的抗拉强度。经过长期的努力,1937 年,德国的化学家 Otto Bayer 及其同事研究出一种新的纺丝化合物——聚氨酯,并开发出聚氨酯纤维。

聚氨酯纤维是一种高弹性的纤维,其断裂伸长率在 400 % ~ 700 % 范围内,最高可达到 800 %^[1];300 % 伸长后的弹性回复率可以达到 95 % 以上,这是橡胶纤维所不能比拟的。聚氨酯纤维的线密度范围在 $22\sim 6000\text{dtex}$ ^[2],最细的为 10 dtex,比橡胶纤维细几十倍^[1]。聚氨酯纤维的断裂强度为 $0.006\sim 0.013\text{N/dtex}$,是橡胶纤维的 3~5 倍^[1]。

随着包覆纱和包芯纱技术的发展,聚氨酯纤维的应用领域比橡胶纤维有了更大的扩展,从窄幅织物扩展到宽幅织物,从服装辅料