



材料新技术丛书

先进高分子材料

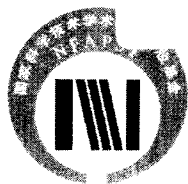
ADVANCED POLYMER MATERIALS

沈新元◆主编

东华大学材料科学与工程学院◆编

MATERIAL

 中国纺织出版社



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

材料新技术丛书

先进高分子材料

ADVANCED POLYMER MATERIALS

· 沈新元 主编

东华大学材料科学与工程学院 编

内 容 提 要

本书用通俗易懂的文字介绍了高分子材料领域的若干最新进展。全书的重点集中于高性能纤维、功能纤维、化纤新品种三个方面,同时覆盖了复合材料与非纤维功能高分子材料的一些研究领域。

本书适合广大科技工作者、研究生和本科生阅读。尤其适合作为高等院校高分子材料与工程专业的“专业前沿课程”教材。

图书在版编目(CIP)数据

先进高分子材料/沈新元主编;东华大学材料科学与工程学院编.—北京:中国纺织出版社,2006.2

(材料新技术丛书)

ISBN 7-5064-3393-1

I.先… II.①沈…②东 III.高分子材料 IV.TB324

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第041106号

策划编辑:李东宁 责任编辑:孙 玲 责任校对:楼旭红
责任设计:李 歆 责任印制:何 艳

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

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

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

E-mail: faxing@c-textilep.com

三河市世纪兴源印刷有限公司印刷 三河永成装订厂装订

2006年2月第1版第1次印刷

开本:889×1194 1/32 印张:15.875

字数:353千字 印数:1—4000 定价:32.00元

ISBN 7-5064-3393-1/TS·1979

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

前言

自从 20 世纪 20 年代高分子学科产生以来,高分子科学与技术的发展极为迅速,高分子材料的应用极其广泛。特别是一些新型高分子材料的生产技术涉及物理、化学、生物、信息、能源、环境和医学等多学科之间的交叉和融合,这些材料已经成为能源、生物、医药、信息和国防等高新技术发展与进步不可或缺的基石,正影响和改变着人类的生活质量和生活方式。我们将这类新型高分子材料称为先进高分子材料,作为高技术的一个分支介绍给广大科技工作者、高等院校研究生和本科生。

本书是由东华大学材料科学与工程学院的全体博士生导师执笔(部分章节有青年博士参与撰写)。作者结合自己的科研工作,力求用通俗易懂的文字介绍先进高分子材料领域的若干最新进展。

本书分为 18 章,由 5 个部分组成。在第一章中,郁铭芳院士全面展望了化学纤维在 21 世纪的发展动向,成为全书的总纲。第二章至第七章的主要内容为高性能纤维及复合材料,由胡祖明、刘兆峰、潘鼎、江建明、李光、梁伯润、余木火教授与尤秀兰博士分别介绍超高分子量聚乙烯纤维、芳香族聚酰胺纤维、碳纤维、PBO 纤维、分子复合材料、原位复合材料和长纤维增强复合

材料的制备技术、结构性能及用途。第八章至第十四章的主要内容为功能高分子材料,由顾利霞、朱美芳、王庆瑞、赵炯心、吴承训、陈大俊、沈新元教授和张幼维、宋洪祥、左兰博士分别介绍生物大分子基纤维、聚合物基纳米功能纤维、生物功能纤维、可生物降解纤维、非线性光学有机聚合物材料、形状记忆聚氨酯和智能纤维的制备技术、结构性能及用途。第十五章至第十七章的主要内容为化学纤维新品种,由胡学超、邵惠丽、黄象安、陈彦模、张瑜教授分别介绍 Lyocell 纤维、PTT 纤维、细旦和超细旦聚丙烯纤维的制备技术、结构性能及用途。在第十八章中,王依民教授介绍了新型化学纤维在产业领域的应用。

先进高分子材料品种繁多,发展迅猛。虽然题为《先进高分子材料》,但由于作者们难以做到对自己研究工作之外领域有全面的把握和深刻的理解,因此本书不可能对各种先进高分子材料做系统的论述,而是将重点集中于高性能纤维、功能纤维和化纤新品种三个方面。这体现了作者所在学科的优势和特色。同时,本书也涉及复合材料与功能高分子材料的一些研究领域,从中可以看到作者所在学科的发展动向。

由于作者水平有限,疏误在所难免,恳请专家和读者批评指正。希望本书对于介绍先进高分子材料著作的编撰,能起到抛砖引玉的作用。

本书各章作者的编写工作得到了助手和学生的协助。大连轻工学院教授郭静和东华大学博士研究生李慧在全书的整理中做了许多工作。作者在此表示一并致谢。

编者

2006年1月

目 录

1	21世纪的化学纤维	1
	一、化纤和化纤工业将更加兴旺发达	2
	二、纤维材料具有其他材料不能替代的特征	2
	三、两大新化纤品种	3
	四、聚酯纤维的新品种	6
	五、细旦纤维向纳米纤维目标进展	8
	六、高性能特种纤维——高科技领域不可缺少的 纤维材料	9
	七、催化剂、添加剂、溶剂、油剂等各种助剂将在化纤 发展中起举足轻重的作用	11
	八、非织造布——化纤—纺织工艺革命的重要途径	12
	九、仿生学——化纤科技进步的智慧宝库	12
	参考文献	13
2	超高分子量聚乙烯纤维	15
	第一节 前言	15
	第二节 实现纤维高强化的途径	16
	一、高分子量	16

2 先进高分子材料

二、高取向度和高结晶度	17
三、高环化度和环化取向度	18
四、高石墨化度	18
五、高致密度	18
第三节 高分子的缠结和解缠结	19
一、高分子缠结概念	20
二、高分子缠结的理论和缠结的测试方法	21
三、缠结对高聚物材料性能的影响	22
四、高分子缠结和解缠结以及在成纤加工中的 应用	24
第四节 超高分子量聚合物的凝胶纺丝	24
一、概述	24
二、凝胶纺丝的基本原理	28
三、凝胶纺丝工艺介绍	34
第五节 UHMWPE 纤维的结构、性能与应用	43
一、UHMWPE 纤维的结构和性能	43
二、UHMWPE 纤维的主要用途	48
三、纤维的改性研究发展情况	52
参考文献	55

3 芳香族聚酰胺纤维

第一节 前言	59
第二节 芳香族聚酰胺的化学结构	61
第三节 高强高模芳酰胺纤维	62
一、PPTA 纤维的结构性能	66
二、PPTA 聚合体的制备	71

三、PPTA 纤维的制备	80
四、制备 PPTA 纤维的新工艺、新技术	85
五、PPTA 纤维的用途	87
第四节 耐高温芳酰胺纤维	88
一、间位芳香族聚酰胺纤维的结构与性能	89
二、间位芳香族聚酰胺聚合物的制备	91
三、间位芳香族聚酰胺纤维的制备	97
四、间位芳香族聚酰胺纤维品种及应用	99
第五节 芳香族聚酰胺浆粕	100
一、PPTA 浆粕的结构与性能	102
二、PPTA 浆粕的制备	103
三、PPTA 浆粕的应用	109
参考文献	111
4 碳纤维	117
第一节 碳纤维简介	117
一、碳纤维的定义、特性及分类	117
二、国内外碳纤维发展概况	119
第二节 碳纤维的主要性能及用途	120
一、碳纤维的主要性能	120
二、碳纤维在军事领域的应用	120
三、碳纤维在支柱产业中的广泛应用	123
第三节 国内 PAN 基碳纤维发展、研究概况	128
一、国内碳纤维发展、研究现状	128
二、国内外差距的原因分析	129
三、影响碳纤维强度的理论分析	130

4 先进高分子材料

四、提高碳纤维强度应采取的对策 133

参考文献 134

5 聚对亚苯基苯并二噁唑纤维 137

一、PBO 纤维发展简介 138

二、PBO 的合成 139

三、PBO 的纺丝及后处理 149

四、PBO 纤维的性能与结构 152

五、PBO 纤维的应用 162

参考文献 163

6 高分子液晶及其复合材料 167

一、高分子液晶概述 167

二、分子复合材料 177

三、原位复合材料 184

四、展望 197

参考文献 198

7 长纤维增强热塑性复合材料 201

第一节 复合材料概述 201

一、复合材料的定义 201

二、复合材料的特点 201

三、复合材料的分类 202

四、复合材料的应用 202

五、复合材料的发展方向和前景 204

第二节 复合材料的聚合物基体 205

一、聚合物基体的作用	205
二、常用作基体的聚合物	205
第三节 复合材料的界面	205
一、复合材料界面的重要性	205
二、复合材料的界面理论	206
三、复合材料界面的表征	206
四、纤维表面处理	207
第四节 长纤维增强热塑性复合材料	210
一、长纤维增强热塑性复合材料(LFRTP)简介	210
二、长纤维增强热塑性复合材料的应用领域	213
三、玻璃纤维毡增强热塑性塑料片材(GMT)	214
参考文献	220
8 生物大分子基纤维	221
第一节 世界纤维的发展现状及面临的问题	221
第二节 生物高分子制备纤维的目的和意义	223
第三节 生物高分子基纤维发展现状	224
一、天然蛋白质与高聚物复合纤维	225
二、糖类与高聚物复合纤维	236
三、天然生物材料的原生态结构和仿生成形研究	245
参考文献	246
9 高聚物基纳米功能纤维	249
第一节 纳米纤维的制备方法	249
一、纺丝加工方法	250
二、分子及模板法	251

6 先进高分子材料

三、化合物蒸气沉积技术	252
第二节 纳米复合纤维的研究	252
一、无机纳米颗粒表面修饰及其纳米复合纤维的 连续化制备	253
二、纤维成型过程中的有机纳米相态控制研究	254
三、高分子纳米复合颗粒的制备	256
参考文献	258

10 生物功能纤维

261

第一节 生物领域用的各种分离技术	261
一、概述	261
二、生物产品的特点	261
三、生物制品的纯化过程	262
四、纯化过程的发展动向	263
五、膜分离技术	264
第二节 医用纤维	267
一、概述	267
二、高吸水性纤维材料	267
三、医用缝合线	268
四、人造皮肤	268
五、人工脏器	268
第三节 高分子药物与药物纤维	270
一、高分子药物	270
二、药物纤维	271
参考文献	272

11 可生物降解纤维	273
第一节 影响纤维降解的因素	274
一、聚合物原料	274
二、环境因素	275
第二节 可降解性能的测试与表征	276
第三节 可生物降解纤维	277
一、天然高分子及其衍生物	277
二、微生物合成高分子	284
三、化学合成高分子	287
四、双组分纤维	301
五、结束语	303
参考文献	304
 12 非线性光学有机聚合物材料	 309
第一节 非线性光学材料的一些基本概念	309
一、非线性光学效应	309
二、非线性光学材料	310
第二节 二阶非线性光学有机聚合物材料研究	312
一、生色团化合物的分子设计与合成	312
二、二阶非线性光学聚合物材料的合成	315
三、非线性效应的测试表征	321
第三节 研究现状及展望	322
参考文献	323
 13 形状记忆聚氨酯	 325
第一节 前言	325

第二节	PU 的形状记忆机理	326
第三节	形状记忆 PU 的研究现状	327
一、实验研究		327
二、理论探讨		330
第四节	形状记忆 PU 的制备	332
第五节	形状记忆 PU 的应用	333
一、利用透湿气性的变化		333
二、利用形状固定性及形状回复性		334
三、利用体积膨胀率的变化		334
四、利用阻尼的变化		334
五、利用弹性模量的变化		335
第六节	发展前景	335
参考文献		336
14	智能纤维	339
第一节	概述	339
一、智能材料与智能纤维的概念		339
二、智能纤维的设计思路		342
第二节	智能纤维的制备技术	346
一、智能成纤聚合物直接纺丝		347
二、接枝共聚		347
三、交联		348
四、共混与添加		349
五、复合与杂化		350
六、高分子化学反应		351
七、后处理		351

第三节 主要的智能纤维	352
一、形状记忆纤维	353
二、自适应性凝胶纤维	357
三、蓄热调温纤维	368
四、变色纤维	374
第四节 智能纤维的应用前景	379
一、服装领域	379
二、装饰领域	380
三、产业领域	380
参考文献	382
 15 Lyocell 纤维	 387
第一节 Lyocell 纤维的研究背景	387
一、Lyocell 纤维制备过程的特点	387
二、Lyocell 纤维的国内外开发现状	393
第二节 Lyocell 纤维国产化技术的研究开发	394
一、纤维素的溶解	394
二、纤维素溶液的质量控制	398
三、纤维素/NMMO/水溶液的纺丝	400
四、溶剂回收	404
第三节 Lyocell 纤维在我国的发展前景	405
一、Lyocell 纤维的应用前景	405
二、我国发展 Lyocell 纤维的经济与社会效益	
预测	406
参考文献	406

16 新型聚酯与纤维的研究	409
第一节 新型聚酯 PTT 纤维	409
一、PTT 纤维的发展	409
二、PTT 的合成	410
三、PTT 的结晶性能	411
四、PTT 的熔融纺丝	418
五、PTT 纤维的特性	418
六、PTT 应用开发的新进展	420
七、PTT 开发动态	421
第二节 聚对苯二甲酸环己二甲酯	422
一、制备方法	422
二、性能特征	423
参考文献	426
 17 细旦、超细旦聚丙烯纤维	 427
第一节 前言	427
第二节 细旦、超细旦聚丙烯纤维的开发现状	429
第三节 细旦、超细旦聚丙烯纤维及其织物的性能	430
一、细旦、超细旦聚丙烯纤维的性能特点	431
二、细旦、超细旦纤维织物及其加工性能特点	433
三、细旦、超细旦聚丙烯纤维及其织物性能表征与 特点	434
第四节 细旦、超细旦聚丙烯纤维的制备	440
一、制备细旦聚丙烯长丝专用聚丙烯树脂的性能特点	440
二、细旦、超细旦丙纶长丝的生产工艺过程和特点	442
三、各种工艺路线的参数	444

四、细旦聚丙烯纤维的结构与性能	446
第五节 细旦可染聚丙烯纤维	449
一、聚丙烯纤维染色改性方法	449
二、高分子聚合物添加剂的改性技术	453
三、细旦可染聚丙烯纤维的结构与性能	454
第六节 新型多功能细旦聚丙烯纤维	456
一、细旦抗菌保健聚丙烯纤维	457
二、细旦防紫外线聚丙烯纤维	458
第七节 茂金属催化剂聚丙烯及其纤维	462
一、茂金属催化聚丙烯的性能和应用	462
二、不同催化剂聚丙烯及其共混体系性能的比较	466
参考文献	469
 18 产业用高分子纤维	471
一、全球纤维概况	472
二、我国化纤产业概况	472
三、新世纪化纤业发展的趋势	473
四、高性能纤维、功能性纤维	475
五、仿生学与化纤科技进步	477
六、世界及我国产业用纤维材料的市场预测	478
参考文献	485

21 世纪的化学纤维

郁铭芳

中国工程院院士 东华大学材料科学与工程学院教授/博士生导师

E-mail: mfayu@dhu.edu.cn

从 19 世纪 90 年代粘胶纤维问世以来,化学纤维已经过了一百多年的发展历程,特别在 20 世纪 30 年代尼龙实现工业化生产后,发展更为迅猛,取得了丰硕的成果。今天,化学纤维的世界总产量已超过了天然纤维的世界总产量,2002 年纺织纤维总产量达 6273.3 万吨,其中,化学纤维总产量为 3651.7 万吨,占纺织纤维总产量的 58%,天然纤维总产量为 2621.6 万吨,占 42%。在质量和性能上,化学纤维从仿天然纤维进入超天然纤维阶段。在经济上,大部分化学纤维纺织品的价格已低于棉、毛、丝等天然纤维纺织品。化学纤维在科学技术上所取得的进展也大大超过天然纤维,出现了许多新品种,如涤纶、丙纶、腈纶、氨纶、维纶和芳纶。新工艺如连续聚合、高速纺丝、复合纺丝等。新技术如自动化、连续化、大型化等均研究成功,先后投入了生产。现在,化学纤维不仅是满足和丰富人民生活所必需的纤维材料,而且已成为经济建设中其他领域包括航天、航空、石油化工、农业、电子通讯、水利、土木、建筑、交通运输、医药卫生等部门所不可缺少的重要材料。