

纺织高等教育“九五”部级重点教材

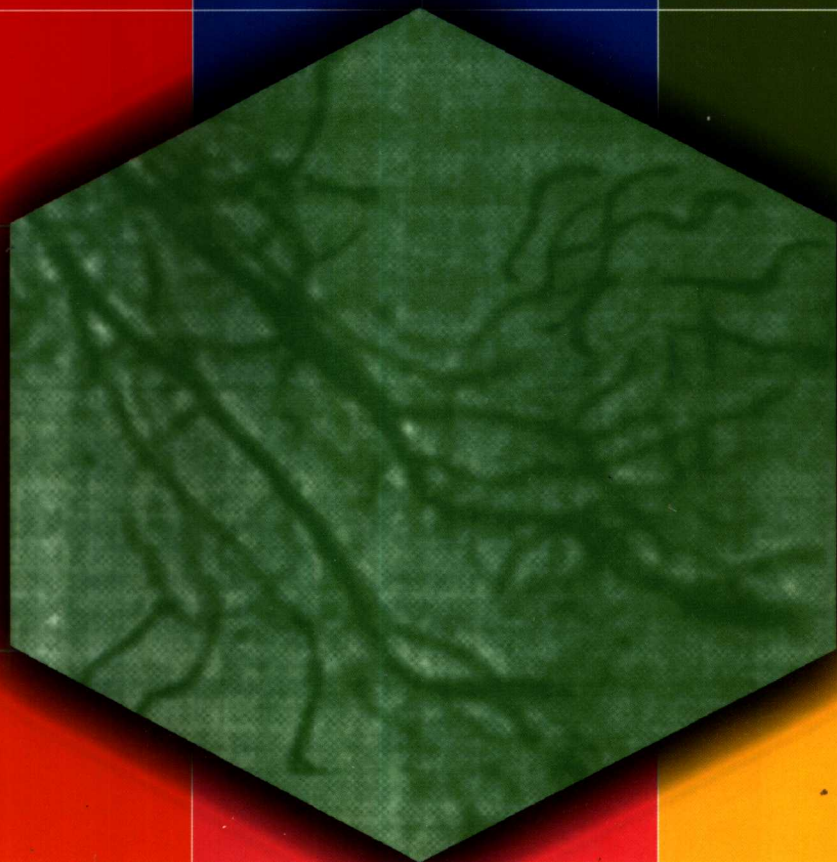
高等院校高分子材料与工程专业系列教材

高分子材料加工原理

沈新元 主编

吴向东 李燕立 郭静 副主编

G A O F E N Z I C A I L I A O J I A G O N G Y U A N L I



 中国纺织出版社

纺织高等教育“九五”部级重点教材

高等院校高分子材料与工程专业系列教材

高分子材料加工原理

沈新元 主 编

吴向东 李燕立 郭 静 副主编

中国纺织出版社

内 容 提 要

本书共分十二章,在简要介绍化学纤维、塑料、橡胶、胶粘剂和涂料的基本概念、生产方法和品质指标后,详细分析了这些高分子材料的加工原理。

本书可作为高等院校高分子材料与工程专业的教材,也可供从事相关专业的人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分子材料加工原理/沈新元主编. —北京:中国纺织出版社,2000.7

高等院校高分子材料与工程专业系列教材

ISBN 7-5064-1521-6/TQ·0008

I. 高… II. 沈… III. 高分子材料-加工-高等学校-教材
IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 19136 号

责任编辑:李东宁 责任校对:陈 红
责任设计:李 然 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:010-64168226
<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
2000年7月第一版第一次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:26.25
字数:638千字 印数:1—3000 定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

序 言

材料科学是当今世界的带头学科之一。高分子材料是材料领域的后起之秀,它的出现带来了材料领域的重大变革,从而形成金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料多角共存的局面,并广泛应用于人类的衣食住行和各产业领域。人们已经认识到高分子材料越来越成为普遍应用且不可缺少的重要材料,它的广泛应用和不断创新是材料科学现代化的一个重要标志。

高分子材料的主要种类有纤维、塑料、橡胶、涂料和胶粘剂,它们各自形成庞大的工业体系,并在此基础上形成了具有鲜明特色的专业。在各专业领域,已出版了许多专著和教材,受到广大读者和各校师生的欢迎。

纺织高等院校化学纤维专业教育委员会的前身纺织工业部化学纤维专业教材编审委员会在20年前曾组织编写审定出版了一套适合纺织高等院校化学纤维专业使用的教材,包括《高分子化学》、《高分子物理学》、《合成纤维生产工艺学》和《化纤设备》等,对培养我国的化纤专业人才发挥了重要作用。但由于科学技术的飞速发展,特别是我国工科高等院校化学纤维专业已拓宽为高分子材料与工程专业,因此原有的教材急需更新和扩充内容。为此,1995年11月第三届纺织高等院校化学纤维专业教育委员会第二次会议决定,在原有教材的基础上编写一套适合纺织高等院校高分子材料与工程专业特点的教材,包括《高分子化学(第二版)》、《高分子物理

学(第二版)》、《高分子材料加工原理》、《高分子材料加工工艺学》、《高分子材料生产加工设备》和《微型高分子化学实验技术》等六本教材。

经过三年多的努力,这套有一定特色的教材将从1999年起以新的面貌相继问世,期望对我国纺织高等院校高分子材料与工程专业教育继续作出贡献,促进我国高分子材料工业的发展,同时供其他院校的师生参阅。

借此机会,谨向认真编写本套教材并有良好合作精神的各位作者,以及在编写、出版过程中给予过支持和帮助的有关人士表示衷心感谢。

纺织高等院校化学纤维专业教育委员会

主任委员 顾利霞

1999年3月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 高分子材料在国民经济和科学技术中的地位.....	(1)
第二节 高分子材料发展概述.....	(1)
一、高分子材料发展简史	(1)
二、高分子材料发展趋势	(3)
第三节 高分子材料的品种和分类.....	(6)
第四节 高分子材料加工学科的分类	(10)
一、高分子材料加工的基础阶段.....	(11)
二、高分子材料的成型方法.....	(11)
参考文献	(12)
第二章 高分子材料的基本概念	(13)
第一节 化学纤维	(13)
一、纤维的基本概念.....	(13)
二、化学纤维的分类.....	(17)
三、化学纤维的主要品种.....	(18)
第二节 塑料	(21)
一、塑料的基本概念.....	(21)
二、塑料的分类.....	(21)
三、塑料的主要品种.....	(22)
第三节 橡胶	(23)
一、橡胶的基本概念.....	(23)
二、橡胶的性能.....	(23)
三、橡胶的分类和主要品种.....	(24)
第四节 胶粘剂	(30)
一、胶粘剂的基本概念.....	(30)
二、胶粘剂的分类.....	(30)
三、胶粘剂的组成.....	(32)
四、胶粘剂的应用.....	(32)
第五节 涂料	(33)
一、涂料的基本概念.....	(33)

二、涂料的分类和主要品种.....	(33)
参考文献	(34)
第三章 高分子材料的生产方法	(35)
第一节 化学纤维	(35)
一、原料制备.....	(35)
二、纺丝流体的制备.....	(36)
三、化学纤维的纺丝成型.....	(39)
四、化学纤维的后加工.....	(41)
第二节 塑料	(42)
一、塑料的成型物料及其配制.....	(42)
二、塑料的成型加工.....	(45)
第三节 橡胶	(58)
一、塑炼.....	(58)
二、胶料的混炼.....	(58)
三、压延.....	(60)
四、挤出.....	(61)
五、硫化.....	(62)
第四节 胶粘剂	(63)
一、胶粘剂的组成及其作用.....	(63)
二、胶粘剂的生产.....	(63)
第五节 涂料	(68)
一、树脂的合成.....	(68)
二、涂料的配制.....	(69)
三、色漆的生产工艺.....	(72)
参考文献	(72)
第四章 高分子材料的主要品质指标	(73)
第一节 化学纤维	(73)
一、纤维长度.....	(73)
二、细度和线密度.....	(73)
三、吸湿性.....	(74)
四、密度.....	(74)
五、热收缩.....	(74)
六、拉伸性能.....	(75)
七、耐疲劳性.....	(80)
八、耐磨性.....	(80)
九、卷曲性.....	(80)
十、对高温作用的稳定性.....	(82)
十一、对化学试剂作用的稳定性.....	(82)

十二、对日光和大气作用的稳定性	(82)
十三、阻燃性	(82)
十四、染色性	(83)
第二节 塑料	(84)
一、熔融指数	(84)
二、硬度	(84)
三、拉伸强度、断裂伸长和拉伸弹性模数	(84)
四、压缩强度和压缩弹性模数	(85)
五、弯曲强度、弯曲屈服强度和弯曲弹性模数	(85)
六、剪切强度	(85)
七、冲击强度	(85)
八、蠕变性能	(86)
九、电性能	(86)
十、光学性能	(87)
第三节 橡胶	(87)
一、可塑度	(87)
二、门尼粘度	(87)
三、门尼焦烧	(88)
四、抗张强度、定伸强度、扯断伸长率和扯断永久变形	(88)
五、磨耗	(88)
六、弹性	(88)
七、耐低温性能	(89)
第四节 胶粘剂	(89)
一、胶粘剂的物理性能指标	(89)
二、胶接件的机械性能指标	(90)
三、胶粘剂的耐环境性能	(92)
第五节 涂料	(93)
一、涂料的一般性能指标	(93)
二、涂料的施工性能指标	(94)
三、漆膜性能指标	(95)
四、涂料的耐候性能	(97)
参考文献	(97)
第五章 聚合物的熔融和溶解	(98)
第一节 聚合物熔融的基本规律	(98)
一、概述	(98)
二、熔融的基本规律	(99)
第二节 聚合物溶解的基本规律	(100)
一、溶解过程的特点和热力学解释	(100)

二、影响溶解度的结构因素	(102)
三、溶剂的选择	(103)
四、聚合物-溶剂体系的相平衡	(110)
五、聚合物溶解过程的动力学	(112)
习题与思考题.....	(114)
参考文献.....	(114)
第六章 混合	(115)
第一节 混合的基本概念和原理.....	(115)
第二节 混合的表征.....	(116)
一、混合状态的直接描述法	(116)
二、混合状态的间接判定	(122)
第三节 混合物加工的原料配方设计.....	(123)
第四节 聚物流体的层流混合.....	(124)
一、流变性均匀流体的层流混合	(124)
二、流变性非均匀流体的层流混合	(124)
第五节 混合设备及均化的检验.....	(125)
一、混合设备	(125)
二、均化的检验	(126)
第六节 分散.....	(127)
一、固相的破裂	(128)
二、最小作用半径	(130)
三、通过次数分布函数(Pass Distribution Function)	(131)
四、液滴的破裂	(133)
习题与思考题.....	(134)
参考文献.....	(134)
第七章 聚物流体的流变性	(135)
第一节 聚物流体的非牛顿剪切粘性.....	(135)
一、非牛顿流体的表征	(135)
二、影响聚物流体剪切粘性的因素	(140)
第二节 聚物流体的拉伸粘性.....	(154)
一、拉伸粘性的表征	(154)
二、影响拉伸粘度的因素	(154)
第三节 聚物流体的弹性.....	(159)
一、聚物流体弹性的表征	(159)
二、影响聚物流体弹性的因素	(160)
第四节 聚物流体在管道中的流动.....	(166)
一、聚物流体在管道中的流动参数	(166)
二、聚物流体流动过程中的弹性参数	(170)

习题与思考题	(176)
参考文献	(177)
第八章 化学纤维成型原理	(178)
第一节 概述	(178)
一、化学纤维成型的基本步骤和主要变化	(178)
二、纺丝过程的基本规律	(178)
三、纺丝过程的工程解析	(179)
四、纺丝流体的可纺性	(180)
第二节 熔体纺丝	(181)
一、熔纺的基本方程	(181)
二、挤出细流的类型	(182)
三、熔体纺丝的运动学和动力学	(185)
四、熔体纺丝中的传热	(192)
五、熔体纺丝中纤维结构的形成	(196)
第三节 湿法纺丝	(205)
一、湿法纺丝的运动学和动力学	(205)
二、湿法纺丝中的传质和相转变	(211)
三、湿法纺丝中纤维结构的形成	(216)
第四节 干法纺丝	(224)
一、干法纺丝的基本方程	(224)
二、干法纺丝的运动学和动力学	(226)
三、干法纺丝中的传热和传质	(227)
四、干法纺丝中纤维结构的形成	(229)
第五节 非稳态纺丝	(231)
一、概述	(231)
二、流体动力学的不稳定性对纺丝稳定性的影响	(232)
三、纺丝条件的波动对纺丝稳定性的影响	(236)
习题与思考题	(238)
参考文献	(239)
第九章 化学纤维拉伸和热定型原理	(241)
第一节 化学纤维的拉伸	(241)
一、概述	(241)
二、拉伸流变学	(243)
三、连续拉伸的运动学和动力学	(255)
四、拉伸过程中应力—应变性质的变化	(259)
五、拉伸中纤维结构与性能的变化	(272)
第二节 化学纤维的热定型	(278)
一、概述	(278)

二、纤维在热定型中的力学松弛	(279)
三、热定型过程中纤维结构和性能的变化	(285)
四、热定型机理	(289)
习题与思考题	(293)
参考文献	(294)
第十章 塑料的成型加工原理	(295)
第一节 概述	(295)
第二节 口模成型	(295)
一、挤出机	(296)
二、挤出成型原理	(299)
三、几种塑料制品的挤出成型	(304)
第三节 模塑和铸塑	(313)
一、注塑成型	(313)
二、反应注塑成型(RIM)	(325)
三、压缩模塑	(326)
四、铸塑	(329)
第四节 塑料的二次成型	(330)
一、二次成型的粘弹性原理	(330)
二、薄膜吹塑成型	(331)
三、拉伸薄膜的成型	(334)
四、热成型	(336)
五、中空吹塑成型	(338)
第五节 塑料的压延成型	(341)
一、压延工艺过程	(341)
二、压延过程分析	(342)
三、人造革的压延生产工艺	(344)
习题与思考题	(344)
参考文献	(345)
第十一章 橡胶成型加工原理	(346)
第一节 生胶和配合剂	(346)
一、橡胶	(346)
二、橡胶配合剂	(346)
第二节 橡胶的配方设计	(353)
一、配方设计方法	(353)
二、特性橡胶配方设计原理	(354)
第三节 橡胶胶料的加工	(356)
一、生胶的塑炼	(357)
二、混炼	(360)

三、压延	(364)
四、挤出	(367)
第四节 橡胶的硫化	(368)
一、硫化及硫化胶结构	(368)
二、硫黄硫化反应机理	(371)
三、硫化条件对橡胶制品质量的影响	(374)
习题与思考题.....	(376)
参考文献.....	(377)
第十二章 胶接与涂料配方原理	(378)
第一节 胶接原理	(378)
一、胶接及胶粘剂	(378)
二、胶接基本原理	(381)
三、影响胶接强度的因素	(387)
第二节 涂料配方原理	(392)
一、涂料配方及工艺	(392)
二、实用涂料配方特点	(401)
参考文献.....	(406)

第一章 绪 论

第一节 高分子材料在国民经济和科学技术中的地位

材料、能源、信息是当代科学技术的三大支柱。材料科学是当今世界的带头学科之一。材料是工业发展的基础,是现代社会经济的先导。新材料又是各种新的科学技术以及改造传统工业技术的物质基础,它的诞生给产业和社会带来巨大变化,给新技术带来划时代的突破。高分子材料是材料领域之中的后起之秀,它的出现,带来材料领域的重大变革,从而形成金属材料、无机材料、高分子材料和复合材料多角共存的格局。随着高分子科学和高分子材料科学的建立以及石油化工的蓬勃兴起,形成新兴而庞大的高分子材料工业。高分子材料在尖端技术、国防建设和国民经济各个领域得到了广泛的应用,已成为现代社会生活中衣、食、住、行、人类生活各个方面所不可缺少的材料。高分子材料由于原料丰富、制造方便、加工容易、节省能源和投资效益显著、品种繁多、形态多样、用途广泛,因此在材料领域中的地位日益突出,增长最快,所占份额越来越大。

广泛采用高分子材料不仅节省了许多传统材料,带来明显的技术经济效果,而且高分子材料在不少应用领域中还是非它莫属。在电、光、热、磁、催化、分离、生物和医学等方面具有特殊性能的高分子材料,正在向广阔的应用领域发展,特别是在当代许多高新技术中,例如微电子和光电子信息技术、生物技术、空间技术、海洋工程等方面均不同程度依赖于高分子新材料的应用。今后,高分子材料还将继续开辟越来越多的新应用领域,为人类做出更大贡献。总之,高分子材料越来越成为普遍应用而不可缺少的重要材料。它的广泛应用和不断创新是材料科学现代化的一个重要标志。

第二节 高分子材料发展概述

一、高分子材料发展简史

尽管高分子科学直至 20 世纪 30 年代才正式创建,但高分子材料早在很久以前就已经在人们的生活和生产中得到了广泛的应用。高分子材料加工技术和高分子材料科学的发展,可以划分为以下几个阶段。

(一)天然高分子最初的加工、利用以及改性

自古以来,人类就与高分子密切相关,无论饮食、起居、衣着都离不开高分子物质和材料,

并很早就开始了天然高分子的利用与加工,如:造纸、皮革的鞣制、油漆和纤维的应用等。

以纤维为例,5万~10万年前,人类就开始用兽皮、树皮和草叶遮体。兽皮、树皮属于纤维群体,为天然衣料。在此以后,人类掌握了把植物纤维进行某种程度的分离精制技术。到了中石器时代,人的衣物发生了变化。一万年,人类就开始了直接使用羊的绒毛。现在作为天然纤维广泛使用的麻、丝、羊毛、棉等,在公元前,作为原料使用虽受地区限制(例:丝产于中国,棉产于印度、美洲大陆,毛产于中亚细亚,亚麻产于中欧),但可认为在世界范围内得到了应用。

(二) 高分子科学和工业的创立准备

20世纪初期,出现了第一种合成树脂——酚醛树脂(1907年),并在以后的二十几年中,出现了大量的人工合成高分子,如:丁钠橡胶(1911~1913年),醇酸树脂(1926年)、脲醛树脂(1929年)等相继投入生产。

这一时期,实验技术迅猛发展。许多精密实验仪器被制造出来,在分子工业的促进下,借助实验技术的发展,高分子科学相应发展起来。1920年,H. Staudinger通过对许多天然高分子结构的研究提出的现代高分子的概念,为高分子科学的建立和迅速发展奠定了坚实的基础,被称为经典高分子科学。

(三) 高分子工业和科学的创立和初步发展

经过多年的研究,20世纪30年代初,现代高分子概念获得公认,正式确立。从此高分子材料以其独特的优势迅速工业化并发展起来,在实际中广泛应用,与之相适应,高分子科学也有了长足进步。

聚合物以炼焦油、电石、农副产品为原料基础,来源广泛。同时,它的性能优异,适用于各种领域,又有投资低的优点,因此很快在实际生活中得到应用,如:彩色胶片(1935年)和聚乙烯绝缘通讯电缆。由于实际的需要,30年代,一系列烯烃聚合物实现了工业化,如:塑料中的聚氯乙烯(1931年)和聚醋酸乙烯酯(1936年),纤维中的聚氯乙烯纤维(1931年)和聚酰胺纤维(1938年),橡胶中的氯丁橡胶(1931年)和丁基橡胶。尤其是美国海军将聚乙烯用于雷达上,为高分子材料发展开辟了新途径。

这一时期在基础科学方面,许多合成化学家、物理化学家和物理学家参加了高分子科学的研究工作,其中杰出代表有 Carothers、Natta、Kirkwood、Kramers、Kuhn、Debye 和 Flory,他们都为经典高分子科学的开拓、发展和完善做出贡献。Flory 的连锁聚合理论与逐步聚合理论、橡胶弹性理论,为高分子物理化学奠定基础,指导了许多橡胶与树脂产品的开发。与此同时,Flory-Huggins 的溶液理论、各种测定平均分子量的方法以及乳液聚合和共聚合理论也得到了发展。可以说 20 世纪三四十年代是高分子科学与工业相互促进,共同发展的 20 年。

(四) 高分子工业确立,高分子化学大发展

20世纪50年代,石油化工的发展促进了高分子化学的进展,聚合物单体以石油为主要初始原料,高分子工业迅速成熟起来,许多新型产品不断地涌现,高分子合成材料已经占据了重要地位。

而这一时期又恰好是高分子化学蓬勃发展的时期,许多高分子反应的机理渐臻完善,如:高分子链的动力学理论、离子聚合理论等。理论的完善又为新产品的开发提供了条件。到20世纪50年代后半期,许多耐高温和高强度的材料层出不穷,成为高分子全面繁荣阶段来临的前奏。特别是 Ziegler、Natta 发明乙烯、丙烯配位聚合引发体系,为高分子化学开辟了新的纪元。

(五) 高分子物理学大发展, 高分子科学全面繁荣

20 世纪 60 年代, 高分子工业基本上成熟, 塑料、橡胶、纤维三大材料系统完善, 继而向规模化转变。这一阶段的基础理论研究偏重于高分子物理方面。各种实验手段的应用, 各种实验方法的探索, 使高分子材料物理性能的研究和改进有了很大的进展, 生产出性能优异、符合需要的高分子材料。

到了 70 年代, 高分子工业发展到了生产高效化、自动化、大型化、柔性化阶段。三大材料的产量突飞猛进, 应用日益广泛, 大型的生产加工工厂不断投产以满足实际生活中的需要。世界合成高分子材料生产量已超过亿吨, 其体积大于生产金属材料的体积。

高分子共混理论的建立成为高分子发展史上的一个转折点, 促进了大量具有多种性能和改进性能的新型高分子材料的诞生。

(六) 功能高分子的起步与发展

由于高分子材料迅猛发展已列三大材料之首, 所以从 20 世纪 80 年代起, 人类进入高分子时代。高分子材料在实际应用中的比例不断增大, 高分子工业也持续迅猛发展, 高分子科学的研究转向功能性、实用性以期解决生活中的实际问题。

功能高分子的研究直接为人类社会探求种类繁多、功能各异的各种特殊新材料, 如形状记忆高分子材料(聚降冰片烯)的开发(1984 年)、功能液晶膜的开发(1985~1987 年)以及 20 世纪 80 年代生产的仿肌肉智能高分子材料都是这方面的最新进展。进入 90 年代, 导电高分子、微电子聚合物、各种智能材料、换能材料以及生物医用高分子等的研究方兴未艾。

二、高分子材料发展趋势

(一) 高分子材料科学发展趋势

高分子材料科学是当前科学技术发展中的一个热点, 研究开发十分活跃。总的来说, 今后高分子材料科学发展的主要趋势是高性能化、高功能化、复合化、精细化和智能化。

1. 高性能化 高性能高分子材料是高分子材料科学近年来发展的一个主要方向。为满足航空和航天、电子信息、汽车工业、家用电器等多方面技术领域的需要, 要求材料的机械性能、耐热性、耐久性、耐腐蚀性等性能进一步提高, 已经开发出了一大批高性能高分子材料。通用工程塑料及其共混物得到迅速发展, 一批特种工程塑料(高性能塑料)已经面世。近来通用热塑性塑料高性能化的研究开发动向越来越强, 热塑性弹性体发展迅速, 特种合成橡胶不断改进, 高强高模合成纤维及其他特种合成纤维有所创新。高分子材料的高性能化研究主要包括单一高分子材料的高性能化, 通过改性技术高性能化以及与高性能材料研究并行的高分子材料试验评价技术的研究。高性能化的主要途径有: ①创制新颖分子结构的高分子; ②通过变更聚合催化剂、聚合工艺条件、共聚、共混、交联、结晶化等进行高分子结构改性; ③通过新的加工方法, 改变聚合物聚集态结构, 达到高性能化; ④通过微观复合方法, 例如原位复合、分子复合、自增强, 达到高性能化。对现有品种的改性是今后提高性能、发展品种最主要的途径。

2. 高功能化 过去对高分子功能的研究, 主要限于离子交换和电绝缘功能。目前正在深度和广度上获得进展, 即从离子交换发展到电子交换, 又发展到各种高分子分离膜和高分子吸附剂。从电绝缘体扩展到半导体、导体, 甚至超导体。由电性能扩展到光、磁、声、热、力等性能。从化学、物理性能扩展到生物性能。将低分子物进行高分子化, 还开发出诸如高分子试剂、高分子医药、高分子催化剂等。当今世界上许多国家在功能高分子材料领域中, 正十分广泛而活跃地

进行研究开发创新,已出现一大批各种各样的高功能高分子材料。主要包括电磁功能高分子材料、光学功能高分子材料,物质传输、分离功能高分子材料,催化功能高分子材料,生物功能高分子材料和力学功能高分子材料等。例如像金属那样导电的导电性聚合物,能吸收大量水分的吸水性树脂,用于制造大规模集成电路的光刻胶,作为人造血管和人造心脏等原料的医用高分子材料等。不难看出,功能高分子是高分子材料科学中充满活力的新领域。目前虽尚处于发展初期,但无疑它将是高分子材料科学的希望所在。随着时间的进展,将为创制更理想的材料和人工合成“模拟生物”做出越来越多的贡献。

3. 复合化 “复合材料”是将金属、有机高分子、无机非金属等具有不同结构和不同性能的材料,经特殊工艺复合成一体,利用优势互补和优势叠加而制得的综合性能更显优异的新型材料,因而复合材料代表了材料的发展方向。高分子材料是结构复合材料的最主要的基体之一,而且不少高性能增强纤维也是由高分子构成或来自高分子的前驱体。在功能复合材料中聚合物也是非常主要的成分。以玻璃纤维增强塑料为主的复合材料不仅在当前已进入大规模生产和应用的阶段,而且在今后仍将会有所发展。目前从数量上看玻璃纤维增强塑料占整个聚合物基复合材料的绝大部分。主要用于交通运输、建筑、船舶、家电等领域。目前研究的重点正以汽车应用领域为中心,进行成型材料和加工技术的开发,提高生产率。

高性能结构复合材料是新材料革命的一个重要方向,目前主要应用于航空、宇航、军事、造船、海洋工程技术等方面,各发达国家政府都十分重视。高性能结构复合材料目前已从试用进入部分实用化阶段,其中应用最多的是聚合物基高性能复合材料。当前复合材料使用的基体树脂以热固性树脂为主,但近年来纤维增强热塑性树脂复合材料的研究开发十分活跃。今后复合材料领域中的研究方向主要是:

- (1) 高强高模纤维增强剂的研究与开发。
- (2) 创制兼具优良强度、成型加工性和耐热性的新基体树脂。
- (3) 界面特性和粘接性的提高及其评价技术的改进。
- (4) 确立无损检测技术,提高复合材料可靠性。
- (5) 微观复合和宏观复合的综合利用。
- (6) 崭新成型加工技术的开发。

4. 精细化 近来电子信息技术变化日新月异,要求所用的原材料及采用的加工工艺技术进一步向高纯化、超净化、精细化、纤维化方向发展。例如 4M 以上的超大规模集成电路制造工艺用光致抗蚀剂,要求其分辨率提高到亚微米级。有人预测未来的电子学将是分子电子学,进而提出了分子器件、分子电路、分子计算机等新概念。有机电子材料(例如有机导体和超导体、有机与高分子非线性光学材料、有机铁磁体、有机半导体、光导体等)和纳米材料等应运而生,国际上这些研究领域非常活跃,许多国家纷纷把它列入高技术发展规划之中。

5. 智能化 目前,“材料的智能化”对材料科学家来说,是一项带有挑战性的重大课题。智能材料(Intelligent material)是指本身带有生物所具有的高级功能(例如具有预知预告性、自我诊断、自我修复、自我增殖、认识识别能力、刺激反应性、环境应答性等种种特性),对环境可感知且可响应;并且有功能发现能力的新材料。

智能高分子材料属于智能材料的范畴。由于高分子材料与具有传感、处理和执行功能的生物体有着极其相似的化学结构,因此较适合制造智能材料并组成系统向生物体功能逼近。譬如

开发能事先预告疲劳、裂缝和寿命的材料；对环境变化、折射率、透光率、反射率会作相应变化的光学材料；根据人体的状态，控制和调节释放药剂的微胶囊材料；根据生物体生长或治愈的情况，或继续生长或发生分解的血管、人工骨等医用材料。

从功能材料到智能材料，这是材料科学的一次飞跃。它将是新材料、分子、原子级工程技术、生物技术和人工智能多方面学科知识渗透融合的产物。这方面的研究与开发孕育着新理论、新材料的出现，以及科学技术的振兴，故它的研究成果势必波及信息、电子科学技术、生命科学、宇宙、海洋科学技术以及软科学技术，且利于提高人们的物质生活水平。

(二) 高分子材料生产技术发展趋势

自 20 世纪 70 年代以来，是高分子合成材料工业“量”的稳定增长和“质”的提高深化时期。一方面为了开拓新的应用领域，扩大原有市场，必须改进原有品种的性能或者研制赋有新功能的聚合物；另一方面在技术上必须由过去着重于原料转换和追求生产规模大型化，转向工艺技术的合理化、自动化、最佳化和柔性化，必须在生产过程中重视节省能量和资源、消除污染、防止公害以及注意安全性和劳动卫生。因此产品质量的改进与提高以及工艺技术的完善与最佳化，将成为今后高分子材料科学技术工作的另一个重点。

1. 综合利用原料，强化生产，简化工艺，实现连续化、自动化、最佳化

(1) 综合利用多种原料，研究直接或一步合成单体技术。今后相当一段时期内，高分子材料的原料仍将主要依赖石油，但从油、气、煤及农副产品多种途径取得原料的趋势，将会更加明显。在单体合成中，今后工艺技术的发展将体现在：①综合利用量大、价廉的原料，并为此开辟新的合成工艺，例如裂解产物 C_3 以上组分合理充分的利用，一些烷烃、合成气以及其他工艺副产物的利用，从生物资源制造新材料；②简化原有工艺，缩短流程，发展一步或直接合成方法。

(2) 开发高效催化剂和引发剂，缩短聚合时间，发展本体聚合工艺。目前在聚烯烃的生产中，茂金属催化剂等高活性、高定向的高效催化剂已逐步取代常规催化剂，这种趋势今后仍将继续发展。不同的催化剂或改变催化剂的组成、状态，可以使聚合物具有不同的微观结构，以制取具有不同性能的产品。对于高分子合成材料通用品种而言，本体聚合工艺是其发展趋势。例如聚烯烃由溶液聚合转向本体聚合和气相本体聚合。

(3) 缩短成型周期，简化加工方法，发展直接成型工艺。聚合物只有通过成型加工才能成为有使用价值的制品，高分子加工是高分子材料生产中不可缺少的环节。高速化、大型化、自动化是聚合物加工手段的发展趋势，主要是对现有加工方法的完善、改良和合理化。其中最突出的将是电子计算机的应用、复杂成型过程的自动化以及多台加工设备的集中控制。简化加工工艺，改善成型方法，发展直接成型也将越来越受到重视。例如反应性加工技术，液体橡胶浇注成型、连续聚合直接纺丝等。在加工成型中，新技术的应用也将引起注意，诸如激光、多种粒子束、微波、超声波、等离子体、磁场等的应用将会取得成效。合成材料加工助剂是成型加工中必不可缺的辅助原料，今后发展趋势是开发高效能、多功能、无毒性的新品种。

2. 节省资源、能源，实现清洁生产是今后亟待解决的问题 在今后高分子材料生产中，不论是单体合成、还是聚合工艺，以至加工成型，技术发展的出发点要着眼于节省资源、能源和无公害。发展封闭工艺，将生产工艺中产生的“三废”消除于体系之中。伴随着高分子材料消费量日益增长，用途不断扩大，相应的废弃物也愈来愈多。应贯彻可持续发展战略，对高分子合成材