



塑料工业手册

HANDBOOK OF PLASTIC INDUSTRY

聚氨酯

李俊贤 主编

化学工业出版社

塑料工业手册

聚氨酯

李俊贤 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

塑料工业手册: 聚氨酯 / 李俊贤主编. —北京: 化学工业出版社, 1999. 7

ISBN 7-5025-2544-0

I. 塑… I. 李… III. ①塑料工业-手册②聚氨酯-手册 N. TQ32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14175 号

塑料工业手册

聚 氨 酯

李俊贤 主编

责任编辑: 龚浏澄 白艳云

责任校对: 陈 静

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮编 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 30 $\frac{3}{4}$ 字数 760 千字

1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2544-0/TQ · 1138

定 价: 56.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《塑料工业手册》编委会

- | | | |
|-----|-----|----------------------------|
| 主 编 | 徐 僖 | 四川联合大学教授，中国科学院院士 |
| 副主编 | 袁晴棠 | 中国石油化工集团公司教授级高级工程师，中国工程院院士 |
| | 李俊贤 | 黎明化工研究院教授级高级工程师，中国工程院院士 |
| | 杨元一 | 国家石油和化学工业局规划发展司教授级高级工程师 |
| | 顾觉生 | 国家石油和化学工业局法规司教授级高级工程师 |
| 顾 问 | 陶 涛 | 原化学工业部副部长 |
| | 胡亚东 | 中国科学院化学研究所研究员 |
| | 陈文璞 | 原轻工业部塑料局教授级高级工程师 |

编委会成员 (按姓氏笔画)

- 王贵恒 四川联合大学高分子材料系教授
- 申长雨 郑州工业大学教授
- 申开智 四川联合大学塑料工程系教授
- 李滨耀 中国科学院长春应用化学研究所研究员
- 朱复华 北京化工大学教授
- 吴培熙 河北工业大学化工学院教授
- 吴舜英 华南理工大学工业装备与控制工程系教授
- 吴持生 中国五矿公司复合材料集团公司高级工程师
- 杜强国 复旦大学高分子科学系教授
- 宋焕成 北京航空航天大学教授
- 邱文豹 锦西化工研究院教授级高级工程师
- 陈大俊 中国纺织大学高分子材料学院教授
- 林兆安 山西省化工研究所教授级高级工程师
- 陈忠信 上海交通大学应用化学系教授
- 陈祥宝 北京航空材料研究院研究员
- 贺飞峰 上海合成树脂研究所教授级高级工程师
- 张传贤 兰州化学工业公司合成橡胶厂教授级高级工程师
- 施祖培 岳阳石油化工公司研究院高级工程师
- 姚康德 天津大学应用化学系教授
- 洪定一 中国石油化工集团公司技术开发中心教授级高级工程师
- 徐传骧 西安交通大学教授
- 益小苏 浙江大学高分子材料系教授, 北京航空材料研究院研究员
- 黄 锐 四川联合大学塑料工程系教授
- 傅 旭 晨光化工研究院教授级高级工程师
- 焦扬声 华东理工大学高分子材料系教授
- 潘祖仁 浙江大学高分子材料系教授
- 瞿金平 华南理工大学工业装备与控制工程系教授

本分册编写人员

- 第一章 李俊贤
第二章 叶菁莹
第三章 修玉英
第四章 浦仁生
第五章 胡忠伟 侯瑞宏
第六章 方秀华
第七章 李俊贤
第八章 李力
第九章 管云林 刘晓飞
第十章 肖定方
第十一章 秦志燕
第十二章 李力

序

材料是现代科学技术和社会发展的支柱，高分子材料在尖端技术、国防建设和国民经济各个领域已成为不可缺少的重要材料。合成树脂及塑料的世界年产量目前已高达 1.2 亿 t 以上，占三大合成材料产量 80% 以上，在建筑工程方面已成为继钢铁、木材、水泥之后第四大类建筑材料，在包装、交通、电子电器、工业部件、农业、轻工、纺织、航空航天、国防军工和日用品等领域的需求亦日益增多，发挥越来越突出的作用。

科技进步日新月异，合成树脂及塑料的性能不断得到提高，新的品种不断出现，市场竞争十分激烈。以占合成树脂和塑料世界年产量 35% 的聚烯烃为例。继 Ziegler-Natta 催化剂和高效负载型催化剂之后的茂金属聚合催化剂（由一种茂金属与助催化剂甲基铝氧烷或硼系化合物组成）将逐步部分取代传统催化剂。茂金属催化剂体系具有催化活性高、单一活性中心、聚合物结构可精确调控等特点。具有特殊优异性能的茂金属线性低密度聚乙烯（LLDPE）和聚乙烯塑性体（Polyolefine Plastomer, POP）、茂金属长链支化聚乙烯（LCBPE）和聚乙烯弹性体（Polyolefine Elastomer, POE）、茂金属等规聚丙烯（iPP）和环烯烃共聚物（COC）以及茂金属间规聚丙烯（sPP）等已开始进入市场，有关茂金属及其聚烯烃的专利已达数百项，其重要性在国际上已得到普遍共识，对合成树脂工业将产生巨大影响。

随着国民经济和石油化工的发展，1997 年我国合成树脂年总产量已超过 600 万 t，居世界第五位，塑料制品的总产量高达 1600 万 t 以上，居世界第二位。我国是世界人口大国，与先进国家相比，在产品品种、质量、技术水平、生产成本、人均消费量等方面还有较大差距，国产树脂的满足率有待提高，每年还需要从国外进口大量高档次树脂，大量废旧塑料制品的回收处理和再生利用等问题亦有待解决。

本手册各章执笔人皆是在科研、生产、信息或高教战线有多年工作经验的知名专家学者。本手册对塑料的制备、加工工艺、成型机械、制品与模具设计、质量控制和使用的基本知识、世界合成树脂的发展概况等作了比较详尽的介绍和综合评述；对合成树脂的聚合机理和结构与性能作了充分地论述，并重点阐述塑料的改性、成型加工工艺。目的在于使从事合成树脂及塑料科技的工作者、高校师生、销售人员和相关部门对这一学科和行业领域的现状、水平、存在问题以及发展趋势有所了解，在运用这一领域的成就的同时，共同努力，开发新产品、新技术，使我国合成树脂和塑料工业，跃上一个新台阶，迎接世界性的挑战。

徐 僖

1999 年 1 月 20 日，成都

内 容 提 要

本书全面地论述聚氨酯化学，包括合成反应、聚合机理、化学结构与性能的关系，介绍所用原材料及助剂对产品质量的影响，以及泡沫塑料生产及加工设备。本手册的重点系分章阐述聚氨酯软质和硬质泡沫塑料、反应注射成型材料、热缩性聚氨酯工程塑料和弹性体、聚氨酯防水材料 and 铺地材料等的成型工艺和生产实践。最后对聚氨酯成分和性能的测定、废旧塑料的回收利用也作了较详细的介绍。

本手册力求理论与实践相结合、图文并茂，突出工业生产实践。可供从事聚合物制造、塑料加工与应用领域的工程技术人员参考。

目 录

第一章 绪论	1	3.2.3.1 氨基甲酸酯改性多异氰酸酯	33
1.1 聚氨酯的发展史	1	3.2.3.2 二聚和三聚改性的多异氰酸酯	33
1.2 聚氨酯市场	2	3.2.3.3 碳化二亚胺改性异氰酸酯	35
1.3 聚氨酯工业的未来	5	3.2.3.4 缩二脲改性异氰酸酯	36
参考文献	5	3.2.3.5 封端多异氰酸酯	36
第二章 聚氨酯化学	6	3.2.4 工业化异氰酸酯产品	36
2.1 异氰酸酯基团的基本反应	6	3.3 多元醇	37
2.1.1 取代基对多异氰酸酯反应活性的影响	6	3.3.1 聚醚多元醇	38
2.1.2 异氰酸酯的各类反应	7	3.3.1.1 合成机理	39
2.1.2.1 异氰酸酯与含羟基的化合物反应	7	3.3.1.2 聚醚的原料及工业生产	41
2.1.2.2 异氰酸酯与水的反应	9	3.3.1.3 传统聚醚多元醇及特性	44
2.1.2.3 异氰酸酯与胺的反应	10	3.3.1.4 特种聚醚多元醇(胺)	49
2.1.2.4 异氰酸酯的次级反应	11	3.3.2 聚酯多元醇	53
2.1.2.5 异氰酸酯与羧基的反应	11	3.3.2.1 聚酯多元醇的化学结构及其性质	53
2.1.2.6 异氰酸酯的自加成反应	12	3.3.2.2 原料及工业制备方法	55
2.1.2.7 异氰酸酯的其他反应	14	3.4 助剂和添加剂	57
2.2 聚氨酯结构与性能的关系	15	3.4.1 扩链剂及交联剂	57
2.2.1 聚氨酯的合成	15	3.4.2 催化剂	59
2.2.2 聚氨酯原料对性能的影响	16	3.4.2.1 催化机理	59
2.2.2.1 多异氰酸酯的影响	16	3.4.2.2 叔胺类催化剂	59
2.2.2.2 多元醇的影响	17	3.4.2.3 有机金属催化剂	62
2.2.2.3 扩链剂的影响	17	3.4.3 表面活性剂	63
2.2.3 聚氨酯分子结构对性能的影响	18	3.4.4 发泡剂	64
2.2.3.1 分子量的影响	18	3.4.5 阻燃剂	65
2.2.3.2 结晶度的影响	18	3.4.6 填料	67
2.2.3.3 交联度的影响	18	3.4.7 抗氧剂及光稳定剂	68
2.2.4 聚氨酯的形态结构	20	参考文献	69
2.2.4.1 研究相分离的重要性	20	第四章 聚氨酯泡沫塑料生产及加工	
2.2.4.2 微相分离的形成	21	设备	74
2.2.4.3 影响微相分离的因素	22	4.1 概述	74
参考文献	26	4.2 块状泡沫塑料生产机械	75
第三章 聚氨酯用原料和助剂	27	4.2.1 块状泡沫塑料生产线的基本组成	76
3.1 概述	27	4.2.1.1 原料贮运及配制	76
3.2 异氰酸酯	27	4.2.1.2 计量系统	77
3.2.1 有机异氰酸酯的制备	28	4.2.1.3 混合系统	83
3.2.2 有机异氰酸酯的性质	30	4.2.1.4 传送带及模板	85
3.2.3 改性多异氰酸酯	32	4.2.1.5 衬纸(膜)装置	86
		4.2.1.6 通风系统	87

4.2.1.7	控制系统	87	4.6	软质泡沫塑料的成型加工机械	132
4.2.1.8	块料的定长切断及称量装置	89	4.6.1	泡沫塑料的切割加工机械	133
4.2.1.9	块料输送及贮运系统	90	4.6.1.1	垂直切割机械	133
4.2.1.10	安全消防设施	90	4.6.1.2	水平切割机械	137
4.2.2	水平块料发泡机械	91	4.6.1.3	仿形切割机械	141
4.2.2.1	传送带式块料发泡机	91	4.6.1.4	三维切割机械	143
4.2.2.2	边膜提升法平顶发泡机	92	4.6.1.5	旋转切割机械	143
4.2.2.3	溢流槽法平顶发泡机	93	4.6.1.6	旋转靠模切割机械	145
4.2.2.4	平衡压板法平顶发泡机	94	4.6.1.7	压型切割机械	145
4.2.2.5	降落板法平顶发泡机	95	4.6.1.8	其他加工机械	146
4.2.2.6	溢流槽边膜提升平顶发泡机	96	4.7	软质泡沫塑料的压缩包装机械	148
4.2.2.7	溢流槽浮盖压板平顶发泡机	96	4.7.1	真空包装机	148
4.2.2.8	平衡压板降落板平顶发泡机	97	4.7.2	压缩包装机	149
4.2.2.9	圆柱块料发泡机	97	4.8	软质泡沫塑料复合机械	150
4.2.2.10	封闭静模发泡	99	4.8.1	熔合机械	150
4.2.2.11	变压发泡	99	4.8.2	胶合机械	152
4.2.2.12	二氧化碳发泡	100	4.8.2.1	刮涂法胶合机	152
4.2.3	垂直块料发泡机械	101	4.8.2.2	膜转移胶合机	153
4.2.3.1	垂直发泡机	101	4.9	边废泡沫塑料的再生复制机械	153
4.2.3.2	机械冷却快速熟化设备	103	4.9.1	粘合复制机械	153
4.2.4	箱式发泡机械	103	4.9.2	填充再生机械	154
4.3	层压板材生产机械	105	参考文献		155
4.3.1	连续层压板材生产机械	105	第五章 聚氨酯软质泡沫塑料		158
4.3.1.1	双软面及双金属面层压板材生产机械	105	5.1	概述	158
4.3.1.2	转向发泡层压板材生产机械	108	5.1.1	软泡的生产与发展	158
4.3.2	间歇层压板材生产机械	109	5.1.2	软泡的分类、应用和市场分布	159
4.4	模塑成型生产机械	111	5.1.3	软泡工业面临的挑战	160
4.4.1	模塑成型生产线的基本组成	111	5.1.4	中国的软泡工业	161
4.4.1.1	物料贮存、配制及恒温系统	111	5.2	软泡形成的物理、化学原理及性能	162
4.4.1.2	计量系统	113	5.2.1	化学原理	162
4.4.1.3	混合系统	113	5.2.1.1	基本反应	163
4.4.1.4	模具及载运系统	119	5.2.1.2	二次反应	164
4.4.1.5	模具温度控制系统	121	5.2.2	泡沫体的形成过程	165
4.4.1.6	控制系统	122	5.2.2.1	气泡的产生与稳定	165
4.4.1.7	通风系统	122	5.2.2.2	泡沫体的形成	166
4.4.2	模塑成型生产线	122	5.2.2.3	泡沫开孔机理	167
4.4.2.1	转台模塑生产线	122	5.2.2.4	泡沫体的熟化	168
4.4.2.2	椭圆轨道模塑生产线	125	5.3	软泡的原料和助剂	169
4.4.2.3	固定模架生产线	126	5.3.1	多元醇	169
4.4.3	反应注射模塑生产线	128	5.3.1.1	聚醚多元醇	170
4.5	其他泡沫塑料生产机械	129	5.3.1.2	改性聚醚多元醇	171
4.5.1	泡沫塑料的喷灌机械	129	5.3.1.3	无CFC软泡聚醚	172
4.5.2	泡沫管材模塑生产机械	131	5.3.1.4	聚酯多元醇	173

5.3.2	异氰酸酯	173	参考文献	228	
5.3.2.1	TDI 和 MDI	174	第六章 聚氨酯硬质泡沫塑料	231	
5.3.2.2	异氰酸酯改性品种	175	6.1	概述	231
5.3.2.3	混合 TDI/MDI 系列	177	6.2	原料	231
5.3.3	助剂	178	6.2.1	异氰酸酯	231
5.3.3.1	催化剂	178	6.2.1.1	聚合 MDI	231
5.3.3.2	表面活性剂	182	6.2.1.2	TDI	232
5.3.3.3	发泡剂	183	6.2.2	多元醇	232
5.3.3.4	扩链剂与交联剂	185	6.2.2.1	聚醚多元醇	233
5.3.3.5	阻燃剂	186	6.2.2.2	聚酯多元醇	233
5.4	块状软泡沫塑料	187	6.2.3	发泡剂	233
5.4.1	块泡的生产	187	6.2.3.1	氟氯烃类化合物 (CFCs)	233
5.4.1.1	生产工艺和设备	187	6.2.3.2	氢氟氯烃类化合物 (HCFCs)	233
5.4.1.2	生产工艺改进	188	6.2.3.3	氢氟烃类化合物 (HFCs)	234
5.4.1.3	块泡的熟化与贮存	190	6.2.3.4	戊烷	234
5.4.1.4	块泡的切割和成型加工设备	190	6.2.3.5	二氧化碳	234
5.4.2	块泡的配方和性能	192	6.2.4	催化剂	234
5.4.2.1	泡沫塑料的表面质量控制	193	6.2.5	表面活性剂	235
5.4.2.2	泡沫塑料的物理性能	194	6.2.6	开孔剂	236
5.4.2.3	实用块泡参考配方	196	6.2.7	阻燃剂	236
5.4.3	无 CFC 低密度块泡技术进展	200	6.2.8	其他添加剂	236
5.4.3.1	CFC 替代技术	200	6.3	泡沫塑料成型工艺与生产方法	237
5.4.3.2	全水发泡技术	200	6.3.1	块状硬泡	237
5.4.4	块泡的应用	202	6.3.1.1	间歇法	237
5.5	模塑软泡	203	6.3.1.2	连续法	238
5.5.1	引言	203	6.3.2	板材	239
5.5.2	模塑泡沫的生产工艺	204	6.3.2.1	连续复合成型法	239
5.5.2.1	热模塑泡沫	205	6.3.2.2	非连续法	242
5.5.2.2	冷模塑泡沫	205	6.3.2.3	块料切割粘贴法	243
5.5.3	模塑泡沫的配方与性能	206	6.3.3	浇注填充	244
5.5.3.1	热模塑泡沫	206	6.3.3.1	冰箱箱体	244
5.5.3.2	冷模塑泡沫	207	6.3.3.2	冰箱门	245
5.5.4	模塑软泡技术进展	212	6.3.4	现场施工成型	245
5.5.4.1	无 CFC 的热模塑泡沫	212	6.3.4.1	喷涂发泡	246
5.5.4.2	冷模塑泡沫	215	6.3.4.2	浇注发泡	247
5.6	模塑半硬泡	217	6.3.4.3	单组分发泡	248
5.6.1	成型工艺与设备	218	6.3.5	管道绝热	248
5.6.2	原料与配方体系	219	6.3.5.1	浇注	248
5.6.3	模塑半硬泡的典型性能	220	6.3.5.2	喷涂	248
5.6.4	模塑半硬泡的应用	221	6.3.5.3	模塑半圆形预制件	249
5.7	特种聚氨酯软泡	221	6.3.5.4	块料切割	249
5.7.1	地毯底衬泡沫塑料	222	6.3.6	反应注射成型	249
5.7.2	网状聚氨酯泡沫塑料	224	6.4	以低 ODP 值和零 ODP 发泡剂发泡 的硬质泡沫塑料	249
5.7.3	吸水泡沫塑料	226			

6.4.1	氢氟氯烃	251	6.6.2	聚异氰脲酸酯泡沫塑料的原料	305
6.4.1.1	HCFC-141b	251	6.6.2.1	异氰酸酯	305
6.4.1.2	HCFC-22	255	6.6.2.2	多元醇	305
6.4.1.3	二氟-氯乙烷 (HCFC-142b)	257	6.6.2.3	催化剂	306
6.4.2	烃类化合物	259	6.6.2.4	表面活性剂	307
6.4.2.1	戊烷的一般性质	259	6.6.2.5	发泡剂	308
6.4.2.2	戊烷的扩散性	260	6.6.3	聚异氰脲酸酯泡沫塑料的改性	309
6.4.2.3	环戊烷的冷凝与向聚氨酯基体迁移	260	6.6.3.1	氨基甲酸酯改性	309
6.4.2.4	配方因素和泡沫性能	262	6.6.3.2	环氧树脂改性	309
6.4.2.5	几项工艺因素	275	6.6.3.3	碳化二亚胺改性	310
6.4.2.6	安全问题	275	6.6.3.4	聚酰亚胺改性	310
6.4.2.7	Top Flow 技术	277	6.6.4	成型工艺和泡沫塑料性能	310
6.4.3	氢氟烃	278	6.6.5	应用	313
6.4.3.1	1,1,1,2-四氟乙烷 (HFC-134a)	278	6.7	单组分硬质泡沫塑料	314
6.4.3.2	1,1,2-三氟乙烷 (HFC-143)和 1,1-二氟乙烷 (HFC-152a)	280	6.7.1	固化反应	314
6.4.3.3	HFC-245fa 和 HFC-356mffm	281	6.7.2	性能	314
6.4.4	氢氟烃醚和全氟烷烃 (PFAs)	285	6.7.3	使用特点	315
6.4.4.1	氢氟烃醚类化合物 HFC-E245 和 HFC-E356	285	6.8	硬质泡沫塑料的性能	316
6.4.4.2	全氟代烃化合物	286	6.8.1	泡孔结构	316
6.4.5	二氧化碳	286	6.8.2	密度	316
6.4.5.1	全水发泡	286	6.8.3	机械强度	316
6.4.5.2	液态二氧化碳	289	6.8.4	热导率	318
6.4.6	真空绝热板	290	6.8.5	吸水率	321
6.4.6.1	开孔硬泡	290	6.8.6	尺寸稳定性	321
6.4.6.2	硬泡的预处理	291	6.8.7	热膨胀系数	322
6.4.6.3	色覆薄膜与抽真空密封	292	6.8.8	蠕变	323
6.4.6.4	应用前景	292	6.8.9	耐化学药品性	323
6.5	阻燃硬质泡沫塑料	292	6.8.10	电性能	323
6.5.1	阻燃技术概要	292	6.8.11	吸声性	323
6.5.2	添加型阻燃剂	293	6.8.12	使用寿命	324
6.5.3	反应型阻燃剂	297	6.8.13	阻燃性	324
6.5.4	其他阻燃方法	300	6.9	硬质泡沫塑料的应用	325
6.5.4.1	阻燃性发泡剂	300	6.9.1	冷冻冷藏设备	325
6.5.4.2	聚异氰脲酸酯泡沫塑料	300	6.9.1.1	冰箱、冷柜	325
6.5.4.3	复合板材	300	6.9.1.2	冷库、冷冻冷藏室	325
6.5.5	抑烟技术	301	6.9.1.3	冷藏火车、汽车、卡车和冷冻集装箱	326
6.5.6	CFC-11 替代品发泡的硬泡阻燃性	301	6.9.2	房屋建筑	326
6.6	聚异氰脲酸酯泡沫塑料	303	6.9.2.1	屋顶	327
6.6.1	制备聚异氰脲酸酯泡沫塑料的技术路线	304	6.9.2.2	墙、天花板等	327
			6.9.2.3	硬泡充填空心砖和聚氨酯硬泡混凝土	327
			6.9.2.4	特种建筑	328
			6.9.2.5	单包装硬泡密封料	328

6.9.3	贮罐、管道绝热	328	7.3.4.3	聚氨酯-脲 RIM	355
6.9.3.1	贮罐	328	7.3.4.4	聚脲 RIM	356
6.9.3.2	管道	329	7.3.4.5	生产软质和微孔聚氨酯 RIM 的技术 检查	357
6.9.3.3	其他用途	330	7.3.4.6	硬质自结皮聚氨酯 RIM	357
6.9.4	交通运输业	330	7.3.4.7	增强 RIM	360
6.9.5	包装	330	7.4	SRIM	362
6.9.6	办公用品、体育用品、家具等	330	7.4.1	SRIM 的特性和工艺过程	362
参考文献	.....	330	7.4.2	SRIM 的制备	363
第七章 聚氨酯反应注射成型材料	.....	334	7.5	聚氨酯 RIM 材料的应用	366
7.1	概述	334	参考文献	.....	368
7.2	聚氨酯 RIM、RRIM 用原料的选择	336	第八章 热塑性聚氨酯工程塑料	.....	372
7.2.1	多元醇	336	8.1	概述	372
7.2.1.1	聚醚多元醇的反应活性	336	8.2	共混热塑性聚氨酯工程塑料	372
7.2.1.2	聚醚多元醇的粘度	336	8.2.1	热塑性聚氨酯/ABS 共混	373
7.2.1.3	聚醚多元醇的官能度和分子量	337	8.2.2	热塑性聚氨酯/POM 共混	374
7.2.1.4	聚醚多元醇含不饱和物的影响	337	8.2.3	热塑性聚氨酯/尼龙共混	375
7.2.1.5	含有机填料的多元醇	338	8.2.4	热塑性聚氨酯/聚酯共混	375
7.2.1.6	端胺基聚醚	339	8.3	热塑性聚氨酯工程塑料	376
7.2.2	异氰酸酯	339	8.3.1	热塑性聚氨酯工程塑料	376
7.2.3	扩链剂	340	8.3.2	无定形热塑性聚氨酯工程塑料	380
7.2.4	催化剂及其他助剂	343	8.4	热塑性聚氨酯工程塑料的加工	383
7.2.4.1	催化剂	343	8.4.1	颗粒状树脂的预处理	383
7.2.4.2	发泡剂	343	8.4.2	注塑设备及操作	384
7.2.4.3	增强材料	344	8.5	热塑性聚氨酯工程塑料的应用	385
7.3	聚氨酯 RIM、RRIM 的制备	346	参考文献	.....	386
7.3.1	模具	346	第九章 聚氨酯防水材和铺地材	.....	388
7.3.1.1	模具的特性和功能	346	9.1	概述	388
7.3.1.2	模具的设计	347	9.2	原材料和化学体系	390
7.3.1.3	材料	348	9.2.1	聚氨酯防水材料	390
7.3.1.4	浇口	349	9.2.1.1	聚氨酯防水涂料	390
7.3.1.5	模具的密封和排气	350	9.2.1.2	聚氨酯灌浆、堵漏材料	391
7.3.2	充模和固化	350	9.2.2	聚氨酯铺地材料	393
7.3.2.1	料液的准备	350	9.3	防水材	394
7.3.2.2	喷涂脱模剂	351	9.3.1	聚氨酯防水涂料	394
7.3.2.3	充注反应料液	351	9.3.1.1	聚氨酯防水涂料分类	394
7.3.2.4	固化和脱模	352	9.3.1.2	焦油聚氨酯防水涂料	394
7.3.3	修饰整理	352	9.3.1.3	无焦油聚氨酯防水涂料	395
7.3.3.1	整理和修补	352	9.3.2	灌浆、堵漏材料	397
7.3.3.2	后固化	352	9.3.2.1	灌浆材料的分类	397
7.3.3.3	着色	353	9.3.2.2	氰凝防水堵漏灌浆材料	397
7.3.4	制备工艺参数	353	9.3.2.3	聚氨酯灌浆材料的用途	399
7.3.4.1	低密度聚氨酯 RIM	354	9.4	铺地材	399
7.3.4.2	中、高密度微孔聚氨酯 RIM	354	9.4.1	聚氨酯铺地材料的分类	399

9.4.1.1	聚氨酯运动场和跑道地面	399	10.2.4.3	互穿网络 (IPN) 改性	416
9.4.1.2	聚氨酯地板	400	10.2.4.4	添加填料的改性	416
9.5	发展趋势	401	10.2.4.5	用高分子量的聚合多元醇改进热塑性聚氨酯弹性体的性能	417
9.5.1	防水材	402	10.3	聚氨酯鞋底的生产	417
9.5.2	铺地材	403	10.3.1	聚氨酯鞋底液料的合成工艺	417
参考文献		403	10.3.1.1	合成基本原理	417
第十章 聚氨酯弹性体		405	10.3.1.2	合成工艺与控制	418
10.1	浇注型聚氨酯弹性体 (CPUE)	405	10.3.2	聚氨酯鞋底的加工成型工艺	418
10.1.1	浇注型聚氨酯弹性体的合成工艺	405	10.3.2.1	注射工艺	418
10.1.1.1	合成原理	405	10.3.2.2	固化 (或硫化) 工艺	419
10.1.1.2	合成工艺	406	10.3.3	新类型聚氨酯鞋底	419
10.1.2	主要原料对性能的影响	407	10.3.4	聚氨酯鞋底的性能	419
10.1.2.1	聚合多元醇及其对性能的影响	407	10.4	其他聚氨酯弹性体	419
10.1.2.2	有机多异氰酸酯及其对性能的影响	408	10.4.1	混炼型聚氨酯弹性体 (MPUE)	419
10.1.2.3	扩链剂及其对性能的影响	408	10.4.1.1	生胶的合成工艺	420
10.1.2.4	主要填料及其对性能的影响	409	10.4.1.2	生胶的混炼加工成型	420
10.1.3	浇注型聚氨酯弹性体的主要性能	409	10.4.1.3	混炼型聚氨酯弹性体的硫化	420
10.1.3.1	主要机械性能	409	10.4.1.4	混炼型聚氨酯弹性体的一般性能	421
10.1.3.2	其他主要性能	410	10.4.2	无溶剂喷涂型聚氨酯弹性体	421
10.2	热塑性聚氨酯弹性体 (TPUE)	410	10.4.2.1	无溶剂喷涂的 A、B 两组分的合成工艺	421
10.2.1	热塑性聚氨酯弹性体的合成工艺	410	10.4.2.2	无溶剂喷涂工艺	421
10.2.1.1	基本合成原理	410	10.4.2.3	无溶剂喷涂型聚氨酯弹性体的主要原料	422
10.2.1.2	合成工艺	410	10.4.2.4	无溶剂喷涂聚氨酯弹性体的主要性能	422
10.2.1.3	合成工艺的控制和主要原料对性能的影响	411	10.4.3	凝聚涂覆型聚氨酯弹性体	422
10.2.2	热塑性聚氨酯弹性体的加工工艺	412	10.4.3.1	凝聚涂覆型聚氨酯弹性体的合成	422
10.2.2.1	挤出成型工艺	412	10.4.3.2	凝聚涂覆型聚氨酯弹性体的主要性能	423
10.2.2.2	注塑工艺	412	10.4.4	液晶聚氨酯弹性体 (LCPUE)	423
10.2.2.3	辊压成型工艺	412	10.4.4.1	液晶聚氨酯弹性体的合成	423
10.2.2.4	吹塑和模压成型工艺	413	10.4.4.2	主要原料与液晶的关系	424
10.2.2.5	溶液工艺	413	10.4.4.3	液晶聚氨酯弹性体的加工	424
10.2.3	热塑性聚氨酯弹性体的性能	413	10.4.4.4	液晶聚氨酯弹性体的性能及主要应用	424
10.2.3.1	主要的力学性能	413	10.4.5	特种多异氰酸酯类聚氨酯弹性体	425
10.2.3.2	其他主要性能	414	10.4.5.1	萘二异氰酸酯 (NDI) 聚氨酯弹性体	425
10.2.4	热塑性聚氨酯弹性体的改性	414			
10.2.4.1	共聚合改性	414			
10.2.4.2	共混改性	415			

10.4.5.2	对苯二异氰酸酯 (P-PDI) 聚氨酯弹性体	426	10.5.8.3	聚氨酯微孔弹性体的铁轨减震块	432
10.4.5.3	对四甲基苯亚甲基二异氰酸酯 (P-TMXDI) 聚氨酯弹性体	426	10.5.8.4	聚氨酯弹性体飞机薄壁油箱和液压油囊	432
10.4.5.4	三聚多异氰酸酯聚氨酯弹性体	427	10.5.8.5	聚氨酯弹性体涂覆水轮机叶片和制作的止封条	432
10.5	聚氨酯弹性体的应用	427	10.5.8.6	聚氨酯弹性体的植物栽培床	432
10.5.1	在矿山方面的应用	428	10.5.8.7	聚氨酯弹性体软管	432
10.5.1.1	聚氨酯弹性体的矿用筛板和筛网	428	10.6	聚氨酯弹性体的发展趋势	432
10.5.1.2	聚氨酯弹性体作选矿设备的衬里	428	10.6.1	目前聚氨酯弹性体工业的基本特点	432
10.5.1.3	聚氨酯弹性体摇床涂层	428	10.6.2	聚氨酯弹性体的发展趋势	433
10.5.1.4	聚氨酯弹性体作球磨机衬里	428	10.6.2.1	无溶剂喷涂型聚氨酯弹性体	433
10.5.1.5	聚氨酯弹性体作提升机摩擦衬块	428	10.6.2.2	高性能的特种多异氰酸酯型聚氨酯弹性体	433
10.5.2	在机械工业方面的应用	428	10.6.2.3	强化功能的改性聚氨酯弹性体	433
10.5.2.1	聚氨酯弹性体辊轮	429	10.6.2.4	聚氨酯轮胎的研究开发	433
10.5.2.2	聚氨酯胶带	429	10.6.2.5	环化三聚多异氰酸酯类聚氨酯弹性体	434
10.5.2.3	聚氨酯密封件	429	参考文献	434	
10.5.2.4	聚氨酯模垫	429	第十一章	聚氨酯成分和性能测定	435
10.5.3	在汽车工业方面的应用	430	11.1	原料的化学成分分析测定	435
10.5.3.1	聚氨酯弹性体转向轴球碗	430	11.1.1	异氰酸酯	435
10.5.3.2	百吨载重汽车电动轮密封圈	430	11.1.1.1	熔点	435
10.5.3.3	聚氨酯汽车轮胎	430	11.1.1.2	酸度	436
10.5.4	在轻工业方面的应用	430	11.1.1.3	含量	436
10.5.4.1	聚氨酯革	430	11.1.1.4	总氮含量	436
10.5.4.2	聚氨酯鞋	430	11.1.1.5	水解氮含量	437
10.5.4.3	聚氨酯纤维和装饰油漆	430	11.1.1.6	粘度	438
10.5.5	在建筑工业方面的应用	431	11.1.1.7	甲苯二异氰酸酯异构比	438
10.5.5.1	聚氨酯防水材料	431	11.1.2	环氧化合物	438
10.5.5.2	聚氨酯铺装材	431	11.1.2.1	环氧化合物含量 (化学法)	438
10.5.5.3	聚氨酯嵌缝材、灌封和修补料	431	11.1.2.2	环氧乙烷中微量乙醛、水的测定	439
10.5.5.4	聚氨酯陶瓷模具和石膏装饰板模具	431	11.2	聚醚 (或聚酯) 多元醇	440
10.5.6	在石油工业方面的应用	431	11.2.1	酸度	440
10.5.7	在医疗卫生方面的应用	431	11.2.2	碱度	440
10.5.7.1	聚氨酯主动脉内反搏气囊和助搏血泵	431	11.2.3	羟值 (聚醚多元醇)	440
10.5.7.2	外科手术的缝合线和绷带	431	11.2.4	羟值 (聚酯多元醇)	441
10.5.8	在其他方面的应用	431	11.2.5	水分	442
10.5.8.1	聚氨酯弹性体在海洋方面的应用	431	11.2.6	不饱和度	442
10.5.8.2	聚氨酯弹性体在电子技术方面的应用	432	11.2.7	聚醚中磷含量	443
			11.2.8	聚醚多元醇的分子量分布	443

11.2.9	聚醚多元醇中钾、钠离子测定	443	11.3.17	烟密度	453
11.2.10	粘度	444	11.3.18	热老化试验	454
11.2.11	pH 值	445	11.3.19	长期受热后的时间-温度极限测定	454
11.2.12	色泽	445	11.3.20	耐化学药品性	455
11.3	成品性能测试	445	参考文献	455	
11.3.1	准备工作	445	第十二章 聚氨酯废旧料的回收利用		
11.3.2	密度	446		456	
11.3.3	拉伸强度	446	12.1	概述	456
11.3.4	伸长率	447	12.2	聚氨酯废旧料的粉碎	456
11.3.5	撕裂强度	447	12.3	聚氨酯废旧料的利用	458
11.3.6	压缩强度	447	12.3.1	物理方法利用	458
11.3.7	弯曲强度	448	12.3.1.1	粘接工艺	459
11.3.8	回弹性	448	12.3.1.2	热压成型工艺	461
11.3.9	压缩永久变形	449	12.3.1.3	作填充剂	462
11.3.10	硬泡尺寸稳定性	449	12.3.2	化学方法的利用	466
11.3.11	硬泡线膨胀系数	450	12.3.2.1	直接水解	466
11.3.12	吸水率	451	12.3.2.2	二元醇醇解法	466
11.3.13	热导率	451	12.3.2.3	醇胺醇解法	472
11.3.14	软泡压陷负荷指数	452	12.4	燃烧回收热能	473
11.3.15	氧指数测定	452	参考文献	474	
11.3.16	水平燃烧法	453			

第一章 绪 论

1.1 聚氨酯的发展史

自1937年德国I.G. Farben公司的O. Bayer等合成聚氨酯至今已经60多年^[1], 聚氨酯已成为世界五大塑料之一, 1996年全世界使用的聚氨酯产品约700万t^[2], 仅次于聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯, 约占全世界塑料使用总量的5%^[3] (表1-1), 是家具、汽车、建筑及其他工业不可缺少的重要材料。

表 1-1 1996 年全世界使用塑料情况^①

塑料名称	聚乙烯	聚氯乙烯	聚丙烯	聚苯乙烯	聚氨酯	热固性塑料	其他热塑性塑料
用量/kt	40362	23767	16702	12526	6959	20877	18093
所占比例/%	29	17	12	9	5	15	13

①总用塑料量约13900万t。

最早商品化的聚氨酯产品是德国的可纺丝树脂Igamid-U和Perlon-U, 1952年前后, 甲苯二异氰酸酯(TDI)实现了工业生产, 聚酯型聚氨酯软质泡沫塑料问世。1956年和1957年以环氧乙烷、环氧丙烷为原料合成的聚醚多元醇在美国出现, 由于聚醚多元醇结构变化多、品种多, 用聚醚多元醇制备的聚氨酯性能可改变的范围大, 能满足不同要求。聚醚多元醇比聚酯多元醇相对价格低廉, 因此聚醚型聚氨酯的售价相应较大幅度下降, 为拓宽聚氨酯的应用市场和增加消费量奠定了基础。1957年ICI公司开发了二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)为原料的聚酯型硬质聚氨酯泡沫塑料^[5]。1958年前后, 由于新的高性能催化剂如三乙烯二胺(DABCO)和有机锡催化剂的开发成功, 在美国一步法制备聚醚型聚氨酯问世^[5], 同年杜邦公司的J. A. Margedand用二氟三氯甲烷(F-11)发泡剂制备硬质聚氨酯泡沫塑料成功^[4,14]; 英国ICI公司用MDI制聚醚型软质聚氨酯泡沫塑料和聚醚型软质聚氨酯泡沫塑料问世。到1960年软质聚氨酯泡沫塑料的产量已超过45000t^[7]。

50年代后期聚合异氰酸酯(PMDI)即多苯基多亚甲基多异氰酸酯(简称PAPI)在美国、欧洲相继投放市场^[8]。用它制备的聚氨酯改性的聚异氰脲酸酯硬质泡沫塑料于1967年投入应用^[6]。这种泡沫塑料具有优良的耐热性能, 用作管道、容器及太阳能板的绝热材料, 如航天飞机的油箱保温, 美国航空母舰用这种泡沫塑料作浮材(floatation)。玻璃纤维增强的聚异氰脲酸酯泡沫塑料于80年代初开发成功^[9]。

1969年Bayer公司展出了用RIM聚氨酯成型零部件制的全塑料汽车, 美国也在同年用RIM聚氨酯制作PonTiac Tans-AM汽车的后空气导流板。1970年热塑性聚氨酯弹性体研究成功^[10], 80年代初聚氨酯工程塑料问世^[11]。

近20多年来为适应市场的需要, 在制备工艺、加工方法、加工机械、新原料、新产品进行了深入的大量工作, 应用市场得到了巨大发展, 聚氨酯工业已成为一个新的工业部门。

80年代后期聚氨酯工业面临着严峻的挑战。首先是环境保护方面的压力。为寻求既能环境保护所接受, 又不使传统聚氨酯产品因质量受损或成本上升过多而失去竞争力的CFC替