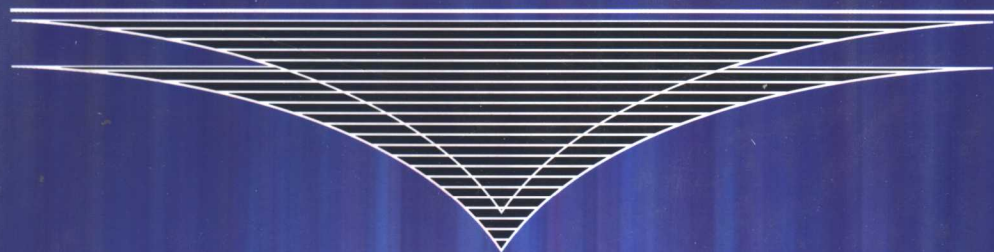


“十五”国家重点图书



塑料工业手册

HANDBOOK OF PLASTIC INDUSTRY

塑料热成型和二次加工

黄 锐 主编

化学工业出版社

“十五”国家重点图书

塑料工业手册

塑料热成型和二次加工

黄 锐 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

塑料热成型和二次加工/黄锐主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 11
(塑料工业手册)
ISBN 7-5025-6329-6

I. 塑… II. 黄… III. ①塑料成型: 热成型②塑料制品-加工 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 134075 号

“十五”国家重点图书
塑料工业手册
塑料热成型和二次加工

黄 锐 主编
责任编辑: 龚浏澄
文字编辑: 冯国庆
责任校对: 洪雅妹
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 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 49½ 字数 1362 千字
2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6329-6/TQ·2113
定 价: 120.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《塑料工业手册》编委会

- 主任委员** 徐 僖 四川大学教授，中国科学院院士
- 副主任委员** 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 中国石油化工集团公司北京化工研究院
院长，教授级高级工程师
- 顾觉生 国家《履行禁止化学武器公约》工作领导
小组办公室副主任
- 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
- 陈文瑛 原轻工业部塑料局教授级高级工程师
- 编委会成员** (按姓氏笔画排序)
- 王贵恒 四川大学高分子材料科学与工程系教授
- 申开智 四川大学塑料工程系教授
- 申长雨 郑州大学教授
- 朱复华 北京化工大学教授
- 杜强国 复旦大学高分子科学系教授
- 李滨耀 中国科学院长春应用化学研究所研究员
- 吴持生 中国五矿公司复合材料集团公司高级工程师
- 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
- 邱文豹 锦西化工研究院教授级高级工程师
- 宋焕成 北京航空航天大学教授
- 张传贤 兰州化学工业公司合成橡胶厂教授级高级
工程师
- 陈大俊 中国纺织大学高分子材料学院教授

陈信忠 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
林兆安 山西省能源产业集团公司研究员
施祖培 岳阳石油化工总厂研究院教授级高级工程师
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
姚康德 天津大学教授
贺飞峰 上海合成树脂研究所教授级高级工程师
徐传骧 西安交通大学教授
徐新民 北京市化学工业研究院高级工程师
益小苏 浙江大学高分子材料科学与工程系教授,
北京航空材料研究院研究员
黄 锐 四川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
焦扬生 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科学与工程系教授
瞿金平 华南理工大学教授

本分册编写人员

主 编 黄 锐

副主编 李忠明 王 旭

编写人

- 第1章 黄 锐 蔡碧华（四川大学）
王 旭（浙江工业大学）
- 第2章 张雄伟 黄 锐（四川大学）
李 鹏 （四川大学、华创天元公司）
- 第3章 魏 刚（四川大学、西华大学）
任显诚（四川大学）
- 第4章 李忠明 杨 伟（四川大学）
王 旭（浙江工业大学）
- 第5章 阮文红（中山大学）
- 第6章 王 勇（四川大学）
- 第7章 袁绍彦（上海交通大学）
- 第8章 邴华兴（湖北工业大学）
- 第9章 陈 军（四川大学）
- 第10章 杨 其（四川大学）
- 第11章 谭松廷 曾 炜（湘潭大学）
- 第12章 宋 波（四川大学、西华大学）
- 第13章 吴智华（四川大学）

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。合成树脂和塑料世界年产量目前已高达 1.4 亿吨以上，占三大合成材料产量的 80% 以上。我国国民经济和高科技已进入高速发展时期，对高性能、廉价的高分子材料的需求日益增加。据报道，近年来我国五大合成树脂（PE，PP，PVC，PS，ABS）年需求量为 1 300 万吨左右，塑料制品总产量居世界第二位（1 600 万吨以上），农地膜产量居世界首位，地膜和棚膜覆盖面积分别突破 1 亿亩和 1 000 万亩，均居世界首位。我国是世界人口大国，需求量大，与先进国家对比，国产树脂在产品品种、质量、技术水平、生产成本等方面还有较大差距，每年还需要从国外进口大量高档树脂，大量废弃塑料制品的回收处理和再生利用等问题亦有待解决，希望发展能与环境协调、高效益的高分子材料制备技术。

科学技术进步日新月异，合成树脂及塑料的性能不断得到提高。有关实现通用高分子材料的工程化和工程高分子材料的高性能化方面的新技术、新措施的报道不断出现。纳米材料在高新技术领域有极为广阔的应用前景，被称为“21 世纪最有前途的材料”。金属、无机非金属和聚合物的纳米微粒、纳米丝、纳米薄膜、纳米块体以及由不同组元和联结型构成的纳米复合材料将构成丰富多彩的纳米材料世界。塑料制品的质量取决于原料的选择和加工条件，塑料的成型加工是控制制品结构和性能的中心环节，其任务是：了解原料的加工特性，确定最适宜的加工条件，制备最佳性能的产品。它是一门学科交叉、科学与工程紧密结合的学科，内容涉及化学、物理、力学、机械、数理逻辑、计算机等多学科，对它早已不再停留在“来料加工”的概念。这些皆是我们在近期需要赶超的。

本手册执笔人皆是在科研、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论述，并重点阐述了塑料的改性、成型加工工艺。目的在于使从事合成树脂及塑料科技工作者、高校师生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，力求在基础性研究的某些领域有所创新，达到国际先进水平，开发新产品，使我国合成树脂和塑料，跃上一个新台阶。

徐僊

1999 年 1 月 20 日，成都

前 言

《塑料热成型及二次加工》一书是《塑料工业手册》的一个组成部分。随着世界塑料产量的快速增长并在体积年产量上超过了钢铁，塑料已成当前人类使用的四大材料（木材、水泥、钢铁、塑料）之一，在国民经济中占有重要地位。塑料工业主要包括塑料生产（树脂合成、塑料制造）和塑料成型加工两个重要组成部分。没有塑料生产就谈不上塑料成型加工，而没有塑料成型加工，塑料将不具有使用价值。况且塑料的性能是由成型加工过程所最终确定的。塑料成型加工通常包括成型（模塑）过程和成型后的二次加工及后处理两部分。本书的内容就是介绍塑料制品生产中除了成型外的其他所有过程。这些过程包括两类，一类主要是利用塑料成型所制得的坯件作进一步的二次加工，使之成为制品的过程。主要指热成型（将塑料片材等坯料加热成型为各类制品）和固相成型（在较低温下将塑料坯件冷锻、冲压等生产制品）。另一类是对塑料制品进行后处理，如机械加工、机械连接、表面物理化学处理，焊接、粘结、表面修饰、印刷、表面上金等过程。只有经过这些过程，才能构成完整的塑料成型加工和塑料制品生产。这也是编写本书的意义所在。

编 者
2005年1月

内 容 提 要

本书提及了许多新产品以及国内外的先进技术和先进工艺，并以塑料的热成型为基础，重点介绍了塑料机械加工、表面处理、机械连接、焊接、表面装饰、印刷、表面上金及其他塑料二次加工方法和质量检测等内容。

本书理论联系实际，针对性强，具有一定的学术水平。

本书可供从事塑料成型加工人员、技术人员以及塑料的使用者参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 塑料及塑料加工工业	1
1.1.1 塑料及其发展概况	1
1.1.2 塑料的组成与性能	2
1.1.3 塑料成型加工工业	4
1.2 塑料的热成型及二次加工	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 塑料二次加工的主要内容	9
1.3 塑料热成型及二次加工中的几个基础问题	11
1.3.1 高聚物的聚集态和塑料的力学性能	12
1.3.2 塑料(高聚物)的热物理性能	14
1.3.3 高聚物的结晶	19
1.3.4 塑料成型过程中的取向	25
1.3.5 高聚物的降解	31
主要参考文献	32
第 2 章 塑料的固态成型	33
2.1 概述	33
2.2 塑料的固态可成型性	33
2.2.1 β 转变峰理论	34
2.2.2 自由体积理论	35
2.2.3 应力发白理论	36
2.3 固态成型的分类	37
2.3.1 获取高强度高模量聚合物的固态成型	37
2.3.2 热塑性塑料型材或坯料的固态成型	40
2.3.3 粉末塑料的直接固态成型	41
2.4 固态成型方法	42
2.4.1 热成型	42
2.4.2 冷成型	46
参考文献	89
第 3 章 塑料热成型	91
3.1 热成型方法	91
3.1.1 简单成型方法	91
3.1.2 拉伸热成型方法	98
3.1.3 滑动成型	101
3.1.4 弹性隔膜成型	102
3.1.5 原体成型	103
3.1.6 固相压力成型	104

3.1.7	挤出-热成型	105
3.1.8	其他热成型	106
3.1.9	冷成型	113
3.2	热成型设备	115
3.2.1	成型机种类及其结构	115
3.2.2	辅助设备	128
3.2.3	热成型模具	143
3.3	热成型的工艺控制	152
3.3.1	加热	152
3.3.2	成型	154
3.3.3	冷却脱模	156
3.4	热成型材料及工艺选择	156
3.4.1	材料选择	156
3.4.2	工艺选择	158
3.4.3	热成型制品实例	159
3.4.4	热成型制品缺陷及解决办法	165
	主要参考文献	169
第4章	塑料的机械加工	173
4.1	概述	173
4.2	塑料的切削	176
4.2.1	塑料切削的理论基础	176
4.2.2	切削热	179
4.2.3	塑料切屑的形成	181
4.2.4	塑料切屑的类型	184
4.2.5	刀具的选择及磨损	186
4.3	裁切	190
4.3.1	锯切法	191
4.3.2	剪切法	199
4.3.3	其他裁切方法	200
4.4	冲切	201
4.4.1	冲切原理	201
4.4.2	冲床	202
4.4.3	冲模	204
4.4.4	冲切工艺	211
4.5	单刃刀具切削	215
4.5.1	车削	215
4.5.2	刨削	232
4.5.3	刮削	234
4.6	多刃刀具切削	234
4.6.1	铣削	234
4.6.2	钻削	237
4.6.3	螺纹加工	243

4.7 其他机械加工方法	247
4.7.1 超声波加工	247
4.7.2 激光加工	248
4.7.3 水刀加工	250
主要参考文献	254
第5章 表面处理	257
5.1 概述	257
5.2 塑料的表面处理	257
5.2.1 火焰处理	258
5.2.2 放电处理	259
5.2.3 辐射处理	262
5.2.4 溶液处理	265
5.2.5 接枝聚合处理	268
5.2.6 其他表面处理方法	274
5.3 金属的表面处理	275
5.3.1 钢铁的表面处理	275
5.3.2 不锈钢的表面处理	276
5.3.3 铝及其合金的表面处理	278
5.3.4 镁合金的表面处理	280
5.4 木质类材料的表面处理	283
5.4.1 木材染色	283
5.4.2 木材涂饰	284
5.4.3 木材漂白	284
5.4.4 防腐处理	284
5.4.5 木材表面处理新方法	284
5.5 玻璃的表面处理	285
5.5.1 浮法在线玻璃表面镀膜	285
5.5.2 离子交换法	286
5.5.3 表面处理剂法	287
5.6 陶瓷的表面处理	288
5.6.1 熔射喷涂	288
5.6.2 表面镀膜	288
5.6.3 离子注入法	289
5.7 纸的表面处理	290
5.7.1 表面施胶	290
5.7.2 涂布	290
5.8 花岗石的表面处理	291
5.8.1 火焰处理	291
5.8.2 着色	292
5.8.3 表面防护	292
5.8.4 填补孔隙	293
5.9 混凝土的表面处理	293

5.9.1	化学清理	293
5.9.2	蒸汽清理	293
5.9.3	抛丸处理	294
5.9.4	喷砂清理法	294
5.9.5	真空吸尘/压气吹洗	294
5.9.6	酸蚀法	294
	参考文献	295
第6章	机械连接	299
6.1	压配连接	299
6.1.1	压配连接的形式和特点	299
6.1.2	压配连接件设计	299
6.1.3	压配连接的改进	302
6.2	扣锁连接	303
6.2.1	扣锁连接的分类及原理	303
6.2.2	连接件设计	304
6.2.3	扣锁连接的应用	308
6.3	螺纹连接	310
6.3.1	塑料螺纹连接	310
6.3.2	有螺纹连接件的连接	311
6.3.3	螺纹设计	315
6.4	铆钉连接	321
6.5	铰链连接	323
6.5.1	金属铰链	323
6.5.2	塑料铰链	324
6.6	其他机械连接方法	325
6.6.1	采用边框连接	325
6.6.2	缝接	326
	主要参考文献	326
第7章	焊接	328
7.1	概述	328
7.1.1	焊接的原理	329
7.1.2	焊接方法的分类	329
7.1.3	焊接的特点	329
7.1.4	塑料的可焊性	330
7.1.5	确定塑料焊接工艺应考虑的因素	331
7.1.6	热塑性塑料焊接方法的对比和塑料焊接接头强度	332
7.1.7	计算机技术在塑料焊接中的应用	334
7.1.8	热塑性塑料基复合材料的焊接	337
7.2	热气焊接	339
7.2.1	概述	339
7.2.2	焊接接头形式和焊缝形式	340
7.2.3	热气焊工艺	342

7.2.4	热气焊接设备	351
7.2.5	影响热气焊接强度的因素、焊缝缺陷及解决办法	352
7.3	外热工具焊接	353
7.3.1	概述	353
7.3.2	热板焊接	355
7.3.3	烙铁焊接	363
7.3.4	其他外热工具焊接	364
7.4	高频焊接	366
7.4.1	概述	366
7.4.2	设备	369
7.4.3	焊接工艺	370
7.4.4	高频的干扰问题	373
7.4.5	典型应用	374
7.4.6	各种塑料的高频焊焊接性	374
7.5	摩擦焊接	376
7.5.1	概述	376
7.5.2	旋转摩擦焊接	376
7.5.3	振动摩擦焊接	379
7.6	超声波焊接	386
7.6.1	概述	386
7.6.2	设备	387
7.6.3	焊接工艺	389
7.6.4	影响超声波焊接工艺和接头强度的因素	390
7.6.5	应用举例	392
7.6.6	超声波焊接件的设计	393
7.6.7	塑料超声波焊接中的安全与防护	399
7.6.8	超声波焊接表面的破坏	401
7.7	感应焊接	402
7.7.1	概述	402
7.7.2	设备	403
7.7.3	工艺	403
7.7.4	应用举例	404
7.8	辐射焊接	409
7.8.1	概述	409
7.8.2	红外辐射焊接	409
7.8.3	塑料激光焊接	416
7.8.4	太阳辐射焊接	419
7.9	塑料的其他焊接方法	420
7.9.1	电阻注入焊接	420
7.9.2	挤塑焊	422
7.9.3	热封焊接	424
7.9.4	电热膜焊接技术	425

7.9.5	模内焊接	427
7.9.6	熔融挤压焊接	428
7.9.7	压铸法焊接	428
7.9.8	塑料的水下超声焊接	428
7.10	焊缝缺陷的检验、防止和修复	429
7.10.1	概述	429
7.10.2	焊缝缺陷的种类、产生原因和防止措施	430
7.10.3	焊缝缺陷的检验方法	431
7.10.4	塑料焊接缺陷的修复	432
	参考文献	433
第8章	粘接	437
8.1	概述	437
8.1.1	黏附力	437
8.1.2	内聚力	439
8.1.3	粘接理论	439
8.1.4	影响粘接的因素	440
8.2	胶黏剂	450
8.2.1	胶黏剂的组成	450
8.2.2	胶黏剂的分类	451
8.2.3	胶黏剂的选用	482
8.3	粘接件的接头	489
8.3.1	粘接接头的设计	489
8.3.2	粘接接头的应力类型	490
8.3.3	改善接头效率的方法	491
8.3.4	粘接接头设计的基本原则	491
8.3.5	典型的接头设计	491
8.3.6	对接接头	491
8.3.7	搭接接头	494
8.3.8	斜接接头	494
8.3.9	其他接头形式	494
8.4	粘接工艺	496
8.4.1	胶黏剂的准备	496
8.4.2	粘接接头结构的选用	498
8.4.3	粘接件的表面处理	500
8.4.4	粘接操作	505
8.4.5	安全措施	506
8.4.6	粘接质量的控制	508
	主要参考文献	509
第9章	表面整饰	510
9.1	机械整饰	510
9.1.1	锉削	510
9.1.2	磨削和打光	511

9.1.3	抛光	513
9.1.4	滚光	516
9.1.5	喷砂	517
9.2	表面涂饰	518
9.2.1	溶剂增亮	518
9.2.2	表面染色	520
9.2.3	涂料涂饰	522
9.3	表面烫印	535
9.3.1	烫印方法	536
9.3.2	烫印箔	537
	主要参考文献	539
第 10 章	塑料制品的印刷	541
10.1	凹版印刷	543
10.1.1	凹版印刷机械	544
10.1.2	凹版印刷用印版	550
10.1.3	凹版印刷用油墨	551
10.1.4	塑料制品凹版印刷工艺	560
10.2	凸版印刷	566
10.2.1	凸版印刷机械	566
10.2.2	凸版印刷用印版	568
10.2.3	凸版印刷用油墨	568
10.2.4	塑料制品凸版印刷工艺	569
10.3	丝网印刷	573
10.3.1	丝网印刷机械	573
10.3.2	丝网印刷印版	578
10.3.3	丝网印刷用油墨	588
10.3.4	丝网印刷工艺	593
10.4	其他印刷方式	597
10.4.1	移印	597
10.4.2	热转印技术	603
10.4.3	平版印刷	612
10.4.4	喷印	613
10.4.5	静电印刷	613
10.5	印刷中的几个问题	613
10.5.1	关于塑料印刷方法的选择	613
10.5.2	关于塑料承印物的表面处理	614
10.5.3	关于塑料印刷用油墨	615
	参考文献	617
第 11 章	塑料表面上金	620
11.1	镀金属对塑料制品的要求	621
11.1.1	造型设计	621
11.1.2	模具设计和制造	621

11.1.3	成型工艺	622
11.1.4	制品的内应力消除	623
11.2	真空镀膜	623
11.2.1	真空蒸镀	624
11.2.2	溅射镀	627
11.2.3	离子镀	628
11.3	热喷涂	629
11.3.1	热喷涂技术的分类和特点	630
11.3.2	热喷涂的基本原理	630
11.3.3	热喷涂工艺	630
11.4	化学镀	631
11.4.1	化学镀前的表面处理	631
11.4.2	各种金属化学镀及实例	637
11.5	电镀	648
11.5.1	塑料镀件的造型设计及成型要求	648
11.5.2	一般电镀	649
11.5.3	合金电镀	655
11.5.4	局部电镀	656
11.5.5	电镀质量控制与检测	657
11.6	喷雾镀银	658
11.6.1	底漆表面的清洗和敏化	658
11.6.2	喷雾镀银工艺	659
11.7	涂覆	659
	参考文献	659
第 12 章	其他塑料二次加工方法	662
12.1	成型连接	662
12.1.1	连接方法	662
12.1.2	搭接材料	663
12.1.3	连接工艺	663
12.2	复合	664
12.2.1	前言	664
12.2.2	复合方法	665
12.2.3	塑料复合改性的发展方向	665
12.2.4	塑料复合改性用基材	666
12.2.5	塑料复合用胶黏剂	667
12.2.6	干法复合	668
12.2.7	层压复合	673
12.2.8	涂布复合	675
12.2.9	辊压复合	677
12.2.10	挤出复合	678
12.2.11	垂直交叉复合	682
12.3	压光	684