

工程塑料 成型加工技术

刘亚青 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

工程塑料成型加工技术

刘亚青 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程塑料成型加工技术/刘亚青编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3
ISBN 7-5025-8406-4

I. 工… II. 刘… III. 工程塑料-塑料成型-工艺 IV. TQ322.306.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 022601 号

工程塑料成型加工技术

刘亚青 编著

责任编辑: 白艳云 杜春阳

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9¼ 字数 238 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8406-4

定 价: 25.00 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

前 言

材料是社会生产力发展的重要标志，是现代科学技术进步的基础，是人类生产和生活所必需的物质基础。作为现代主要的结构材料，工程塑料自 20 世纪 50 年代投放市场以来发展迅速，目前已成为电子信息、交通运输、航空航天、机械制造业的上游产业，在产业循环中占据着重要地位，它的发展不仅对国家支柱产业和现代高新技术产业起着支撑和先导作用，而且也推动着传统产业的改造和产品的结构调整。在我国，近年来，特别是加入 WTO 以后，工程塑料行业更是遇到了前所未有的发展机遇。

作为工程塑料工业两个组成部分之一的成型加工业，在确保工程塑料制品达到所要求的综合性能和特殊性能方面具有至关重要的作用，因此，必须予以高度重视。

本书全面介绍工程塑料成型加工技术，包括常用的注射成型、挤出成型、中空成型、热成型，同时对压缩模塑、压制成型、树脂传递模塑成型、挤拉成型等也进行了论述。在介绍每种成型技术时，力求全面，不仅涉及传统成型方法，而且包括新的成型方法。对于每种成型方法，注重理论联系实际，不仅详细介绍工艺和设备特点，而且涉及缺陷分析和具体实例。

本书内容全面、丰富，信息量大，是工程塑料成型加工业的技术人员和相关专业师生的学习参考书。

对新材料的旺盛需求，使得工程塑料的成型方法在不断改进和推陈出新，其丰富的内容远非一本书所能涵盖。在编写过程中，虽力求通用性和新颖性兼顾，但有些新的成型方法可能漏编，有些则介绍得较为简单，敬请读者谅解。

由于水平有限，书中难免有疏漏、不妥之处，恳请各位读者批评指正。

编者

2006. 1

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 工程塑料制品的生产	1
1.2 工程塑料加工方法的选择	4
参考文献	6
第 2 章 注射成型	7
2.1 传统注射成型	7
2.1.1 成型原理	7
2.1.2 成型设备	8
2.1.2.1 注射成型机	8
2.1.2.2 注射模具	19
2.1.2.3 注射机的工作过程	19
2.1.3 工艺及工艺条件	20
2.1.3.1 工艺流程	20
2.1.3.2 工艺条件的选择与控制	21
2.1.3.3 注射成型过程中工程塑料的取向、结晶和 内应力	25
2.1.4 热塑性工程塑料的注射成型	31
2.1.4.1 注射用热塑性工程塑料	31
2.1.4.2 典型热塑性工程塑料的注射成型	32
2.1.5 制品缺陷及产生原因	52
2.2 精密注射成型	56
2.2.1 概述	56
2.2.2 原材料的选择	56
2.2.3 模具	57
2.2.4 精密注射成型机	58

2.2.5	成型工艺	59
2.2.6	制品评价	61
2.2.7	制品缺陷及产生原因	61
2.3	气体辅助注射成型	63
2.3.1	工作原理与设备结构	64
2.3.1.1	工作原理	64
2.3.1.2	设备结构	64
2.3.2	过程控制	65
2.3.2.1	成型方法	65
2.3.2.2	成型工艺条件	68
2.3.3	制品缺陷及产生原因	69
2.4	热固性塑料注射成型	69
2.4.1	工作原理与设备结构	70
2.4.1.1	工作原理	70
2.4.1.2	对注射原料的要求	71
2.4.1.3	设备结构	71
2.4.2	成型工艺	73
2.4.2.1	成型过程及工艺条件	73
2.4.2.2	热固性工程塑料的注射成型	76
2.4.3	制品缺陷及产生原因	77
	参考文献	82

第3章	挤出成型	84
3.1	概述	84
3.2	挤出成型的设备	86
3.2.1	螺杆式挤出机	86
3.2.1.1	单螺杆挤出机	86
3.2.1.2	双螺杆挤出机	92
3.2.2	机头和口模	94
3.2.3	辅助部分	97
3.2.4	主要技术参数	97

3.3	挤出成型工艺	98
3.3.1	工艺流程	98
3.3.2	聚合物结晶	100
3.3.3	分子取向	101
3.3.3.1	聚合物的流动取向	101
3.3.3.2	拉伸取向工艺对挤出产品性能的影响	101
3.3.3.3	结晶型工程塑料的拉伸定向	102
3.4	挤出成型的进展	102
3.5	挤出流延膜片制品	103
3.5.1	挤出流延平膜	103
3.5.1.1	挤出流延法的工艺及其所用设备	103
3.5.1.2	影响挤出流延平膜质量的因素	106
3.5.2	流延法双向拉伸薄膜	107
3.5.2.1	概述	107
3.5.2.2	流延法双向拉伸薄膜的工艺	108
3.6	薄片制品的挤出	112
3.6.1	概述	112
3.6.2	设备	112
3.6.3	工艺	117
3.6.3.1	温度控制	117
3.6.3.2	片材厚度调节	118
3.6.3.3	牵引速度的调节	118
3.6.4	实例	118
3.6.5	制品缺陷及产生原因	119
3.7	熔体纺丝	119
3.7.1	概述	119
3.7.2	工艺	120
3.7.2.1	可用于切片纺丝的工程塑料	120
3.7.2.2	切片熔体纺丝的工艺流程	120
3.7.2.3	切片熔体纺丝的设备	120
3.7.2.4	切片熔体纺丝的工艺特点	123

3.7.2.5	典型工程塑料单丝的生产工艺	124
3.7.3	制品缺陷及产生原因	125
3.8	单层管挤出成型	126
3.8.1	概述	126
3.8.2	工艺流程	126
3.8.3	设备	127
3.8.3.1	挤出机	127
3.8.3.2	机头和口模	127
3.8.3.3	冷却定径装置	129
3.8.3.4	冷却水槽	132
3.8.3.5	牵引装置	133
3.8.3.6	切割装置	133
3.8.4	PA11 管材的挤出	134
3.8.5	制品缺陷及产生原因	134
3.9	多层管材的共挤出成型	136
3.9.1	原理	136
3.9.2	工艺路线	136
3.9.3	工艺流程	136
3.10	异型材挤出成型	137
3.10.1	概述	137
3.10.2	成型设备	137
3.10.2.1	挤出机	137
3.10.2.2	机头	137
3.10.2.3	冷却定型	138
3.10.2.4	牵引装置	141
3.10.2.5	切断装置	142
3.10.3	制品缺陷及产生原因	142
3.11	典型工程塑料的挤出成型	143
3.11.1	聚酰胺的挤出成型	143
3.11.1.1	工艺特点	143
3.11.1.2	实例	144

3.11.2	聚碳酸酯的挤出成型	145
3.11.2.1	PC管材的挤出成型	145
3.11.2.2	PC棒材的挤出成型	146
3.11.3	聚苯醚和改性聚苯醚的挤出成型	146
3.11.4	聚对苯二甲酸乙二醇酯的挤出成型	146
3.11.5	聚苯硫醚的挤出成型	147
3.11.6	氟塑料的挤出成型	147
3.11.6.1	聚三氟氯乙烯的挤出成型	147
3.11.6.2	聚偏氟乙烯的挤出成型	148
3.11.6.3	聚全氟乙丙烯的挤出成型	148
3.11.6.4	可熔性聚四氟乙烯的挤出成型	148
	参考文献	149

第4章 中空成型

4.1	中空成型的基本方法和工艺特点	150
4.1.1	挤出-吹塑法	150
4.1.2	注射-吹塑法	152
4.1.3	拉伸-吹塑法	152
4.1.4	多层吹塑法	153
4.2	中空成型的设备	154
4.2.1	挤出装置	154
4.2.2	注射装置	155
4.2.3	挤出型坯机头及口模	155
4.2.3.1	转角式机头	155
4.2.3.2	直通式机头	156
4.2.3.3	贮料缸式机头	157
4.2.4	注射型坯模	158
4.2.5	吹胀装置	158
4.2.5.1	吹气机构	159
4.2.5.2	吹塑模具	161
4.2.6	辅助装置	163

4.2.6.1	型坯厚度控制装置	163
4.2.6.2	型坯长度控制装置	163
4.2.6.3	制品自动取出装置	164
4.3	中空成型的工艺流程及影响因素	164
4.3.1	挤出-吹塑法的工艺流程及影响因素	164
4.3.1.1	工艺流程	164
4.3.1.2	影响因素	164
4.3.2	注射-吹塑法的工艺流程及影响因素	165
4.3.2.1	工艺流程	165
4.3.2.2	影响因素	165
4.3.3	拉伸-吹塑法的工艺流程及影响因素	166
4.3.3.1	工艺流程	166
4.3.3.2	影响因素	166
4.4	制品缺陷及产生原因	167
4.5	多层瓶类容器的中空成型	168
4.5.1	多层共挤出中空成型	169
4.5.1.1	原材料的选择	169
4.5.1.2	多层共挤出中空成型的设备	169
4.5.2	多层注坯吹塑中空成型	171
4.5.3	多次注射的注拉吹中空成型	171
4.6	典型工程塑料的中空成型	171
4.6.1	聚碳酸酯树脂的中空成型	171
4.6.1.1	挤出-吹塑成型	172
4.6.1.2	注射-吹塑成型	173
4.6.2	聚对苯二甲酸乙二醇酯的中空成型	174
4.6.2.1	挤出-吹塑成型	174
4.6.2.2	注射-拉伸-吹塑成型	175
	参考文献	175

第5章 热成型	177
5.1 概述	177

5.2	热成型的种类	178
5.2.1	差压成型法	178
5.2.2	覆盖成型法	179
5.2.3	对模成型法	180
5.2.4	柱塞助压成型法	181
5.2.5	回吸成型法	182
5.2.6	双片热成型法	184
5.3	热成型的设备及模具	184
5.3.1	设备	184
5.3.1.1	加热系统	186
5.3.1.2	夹持系统	186
5.3.1.3	真空系统	187
5.3.1.4	压缩空气系统	187
5.3.2	模具	187
5.4	热成型的工艺及工艺条件	189
5.4.1	加热	189
5.4.2	成型	190
5.4.3	冷却脱模	191
5.5	制品缺陷及产生原因	191
5.6	典型工程塑料的热成型	192
	参考文献	193
第6章	压缩模塑	194
6.1	概述	194
6.2	压缩模塑设备	195
6.2.1	压机	195
6.2.1.1	上压式液压机	195
6.2.1.2	下压式液压机	196
6.2.1.3	压机的主要技术参数	197
6.2.2	模具	197
6.2.2.1	溢式模具	197

6.2.2.2	不溢式模具	198
6.2.2.3	半溢式模具	199
6.3	压缩模塑工艺	201
6.3.1	工艺过程	201
6.3.1.1	预压	201
6.3.1.2	预热	202
6.3.1.3	模压	204
6.3.2	工艺参数	205
6.3.2.1	模压温度	205
6.3.2.2	成型压力	206
6.3.2.3	模压时间	207
6.3.3	典型工程塑料的压缩模塑	208
6.3.3.1	聚苯硫醚的压缩模塑	208
6.3.3.2	氟塑料的压缩模塑	208
6.4	制品缺陷及产生原因	210
	参考文献	212
第7章	热固性工程塑料的层压与复合	213
7.1	高压成型	213
7.1.1	层压成型	213
7.1.1.1	概述	213
7.1.1.2	工艺	215
7.1.1.3	制品缺陷及产生原因	220
7.1.1.4	实例：聚苯硫醚的层压成型	222
7.1.2	模压成型	222
7.1.2.1	概述	222
7.1.2.2	模压料的组成	223
7.1.2.3	模压料的贮存和存放期	224
7.1.2.4	实例	224
7.1.2.5	BMC 的模压成型	226
7.1.2.6	SMC 的模压成型	232

7.1.2.7 制品缺陷及产生原因	235
7.2 低压成型	237
7.2.1 手糊成型概述	238
7.2.2 手糊成型的原材料	239
7.2.3 手糊成型的模具	241
7.2.4 手糊成型的工艺流程	242
7.2.5 手糊成型的工艺	242
7.2.6 制品缺陷及产生原因	245
参考文献	246
第8章 树脂传递模塑成型	247
8.1 概述	247
8.2 原材料	248
8.2.1 树脂体系	248
8.2.2 增强材料	248
8.2.3 辅助材料	249
8.2.3.1 填料	249
8.2.3.2 脱模剂	249
8.3 成型设备	250
8.3.1 树脂压注机	250
8.3.2 模具	251
8.3.2.1 模具的材质	252
8.3.2.2 模具的设计	252
8.3.2.3 模具结构	253
8.4 RTM工艺	253
8.4.1 工艺流程	253
8.4.1.1 模具清理	254
8.4.1.2 胶衣涂布和固化	254
8.4.1.3 增强纤维及嵌件等的放置	254
8.4.1.4 模具的关闭与锁紧	255
8.4.1.5 树脂注入和固化	255

8.4.1.6	开模和脱模	256
8.4.1.7	后加工	256
8.4.2	主要工艺参数及其控制	256
8.4.2.1	影响 RTM 工艺的主要因素	256
8.4.2.2	主要工艺参数及其控制	257
参考文献	258
第 9 章	挤拉成型	259
9.1	概述	259
9.2	挤拉成型的设备	262
9.2.1	挤拉成型机	262
9.2.2	模具	264
9.2.2.1	模具的组成	264
9.2.2.2	模具的材质	265
9.3	挤拉成型的材料和工艺	265
9.3.1	原材料	265
9.3.1.1	树脂基体	265
9.3.1.2	增强材料	267
9.3.1.3	辅助材料	267
9.3.2	工艺	267
9.3.2.1	工艺流程	267
9.3.2.2	主要工艺参数及其控制	269
9.4	制品缺陷及产生原因	271
9.5	典型工程塑料的挤拉成型	271
9.5.1	挤拉成型中应注意的事项	271
9.5.2	酚醛树脂的挤拉成型	272
9.5.3	热塑性树脂的挤拉成型	272
参考文献	273

第 1 章 概 论

1.1 工程塑料制品的生产

工程塑料一般是指在较广泛的温度范围内，在一定的机械应力和较苛刻的化学、物理环境中能长期作为结构材料使用的塑料，它不仅具有独特的力学性能，而且具有优良的耐热性、耐低温性、电绝缘性、耐磨性、耐化学腐蚀性、耐气候性等。

在工程塑料中，一般把产量大、可作为结构材料使用的塑料称为“通用工程塑料”，典型品种有：聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、热塑性聚酯、ABS 等，它们是工程塑料的主体；而把那些产量小、价格昂贵、耐热等级高、可作为结构材料或其它特殊用途的工程塑料称为“特种工程塑料”，典型代表有：氟塑料、聚砜、聚酰亚胺、聚苯硫醚、聚醚酯、聚芳酯等，这些材料基本都应用于国防和尖端科技领域。

工程塑料的发展时间虽然较短，产量也不高，但增长速度很快，特种工程塑料的发展速度又超过通用工程塑料，在发达国家，工程塑料的生产和消费占有垄断地位。

工程塑料工业包括两大部分，一部分是工程塑料的生产，包括各种工程树脂和半成品的生产；一部分是工程塑料制品的生产，通常称作工程塑料的成型加工。工程塑料制品的生产工序可用图 1-1 表示。没有工程塑料的生产，就没有工程塑料制品的生产；没有工程塑料制品的生产，工程塑料也就不能成为生产或生活资料，所以，两个部分是一个体系内两个连续的相互依存的部分。

工程塑料制品的生产是一个复杂而又繁重的过程，其目的是根据各种工程塑料的固有性能，利用一切可以实施的方法，使其成为

具有一定形状且具有使用价值的制件或型材，当然，除加工技术外，生产成本和制品质量也应重点考虑。工程塑料制品生产的简易流程图见图 1-2。

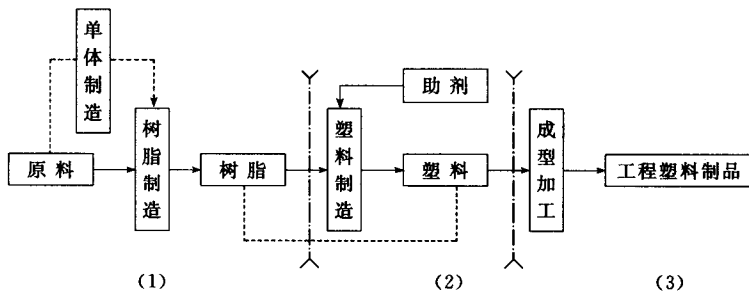


图 1-1 工程塑料制品的生产工序

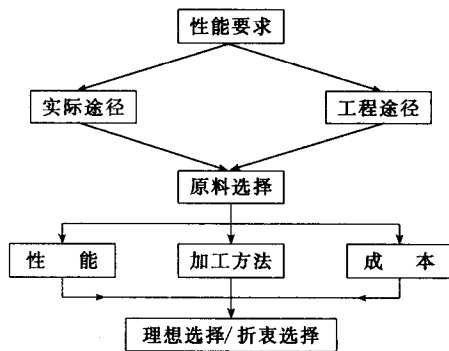


图 1-2 工程塑料制品生产的简易流程图

工程塑料制品的成型加工一般可分为混合与混炼、成型、后加工三大工序。

(1) 混合与混炼 混合与混炼是工程塑料加工的第一步。为了使工程塑料制品具有要求的多方面性能，成型制品的高分子材料往往由多种工程树脂和各种添加剂组成，要把这些组分混合成为一个均匀度和分散度高的整体，就要通过力场，如搅拌、剪切等来完成，这就是混合与混炼工序的主要目的。

在混合与混炼工序中所采取的混合与混炼方式主要取决于高分

子材料的品种及添加剂的性状。一般制作塑料和纤维的工程树脂在常温下是处于玻璃态或结晶态的，呈现固体颗粒或粉末的外观形状，而添加剂多为粉状或液状的，故树脂与添加剂共混料的制作方式一般为：在室温或略高于室温的条件下，首先于混合设备中进行初混合，然后移至高温混炼设备中使树脂在黏流状态下进行混炼。

(2) 成型 成型是工程塑料加工的第二步，是指将各种形态的工程塑料（包括粉料、粒料、溶液或分散体）制成所需形样的制品或坯件的过程，在整个成型加工中是最重要的，也是一切工程塑料制品或型材生产的必经工序。

成型的方法很多，如各种模塑法、层压以及压延等，了解所有成型方法的特点及其局限性对于加工者来说是很有用处的，以此可决定某种产品能否加工或运用什么方法加工。有的加工方法需对塑料施加高的压力，如注射成型的压力可达 13.8~206.9MPa，挤出成型与压缩模塑使用低压，范围一般为 1.4~69MPa；有的加工方法，如热成型和浇铸成型等，使用的压力更低。加工时使用的压力越高，制品的尺寸公差越小，力学性能越好。不管使用哪种成型方法，只要合理的控制成型过程，就能得到性能理想的制品。

热塑性工程塑料在成型过程中始终伴随的是物理变化，制件冷却后便成为制品；热固性工程塑料在成型过程中伴随着化学交联反应，成型后的制件需经固化才能成为制品，因此，由热固性工程塑料制作的产品，其材料具有不溶不熔的特性。

(3) 后加工 工程塑料加工中，制品经成型后，还要经过后加工工序方可作为成品出厂。后加工工序主要包括机械加工、修饰、装配等。机械加工是指在成型后的工件上钻眼、切螺纹、车削或铣削等，用以完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作；修饰主要是为了美化塑料制品的表面或外观，当然也有为其它目的的，比如：为了提高工程塑料制品的介电性能要求它具有高度光滑的表面等；装配是将各个已经完成的部件连接或配套使其成为一个完整制品的过程。后加工过程通常都需根据制品的要求来取舍，也就是说，不是每种制品都必须完整地经过这些过程的。