

PLASTIC

塑料注塑 技术与实例

王华山 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

塑料注塑技术与实例

王华山 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料注塑技术与实例/王华山编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 10
ISBN 7-5025-7711-4

I. 塑… II. 王… III. 塑料成型-基本知识
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 115466 号

塑料注塑技术与实例

王华山 编著

责任编辑: 白艳云 丁尚林

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 顾淑云

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 13¼ 字数 357 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7711-4

定 价: 26.00 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

注塑制品在建筑、汽车、电子电器、机械、包装以及其他一些领域具有广泛应用，而且应用领域还在不断地拓展。注塑技术的发展不仅体现在注塑制品的品种和数量上，更多的是体现在注塑制品的材料、注塑工艺、模具及注射成型设备等方面的发展进步。这些也表明，注塑技术是涉及诸多学科的综合性技术，要真正掌握注塑技术，就应该对上述各方面的知识有所了解。

目前，注塑技术的发展比较成熟，有关注塑技术的书籍很多，但各有侧重。本书以服务于塑料注塑生产技术人员为目的，力求以系统的观点讲解完成注塑制品所需要的各方面的技术。本书主要介绍了注塑制品及其技术的发展现状、原材料、注塑设备及模具、生产工艺以及制品的应用等几个方面的内容。全书共分7章，包括注塑制品生产和应用的主要方面，各章节之间内容相互独立又相互联系。

本书编写过程中引用了很多已经出版的有关专业书籍、专业杂志中的文献等参考资料，在此表示深切的谢意。由于水平和经验的限制，尽管编者尽了最大努力，本书中难免存在不当之处，敬请读者批评指正。

本书在编写过程中得到了天津科技大学材料科学与工程学院李树、邬素华等老师的大力支持，在此表示衷心的感谢。

编 者

2005年6月

目 录

第 1 章 塑料注塑制品的发展概况	1
1.1 概述	1
1.1.1 注塑工艺简介	1
1.1.2 注塑制品的特点	2
1.2 注塑技术的发展概况	4
1.2.1 注塑技术的发展	4
1.2.2 注塑技术的应用现状	6
1.2.3 注塑制品的发展趋势	11
第 2 章 注塑制品的设计要点	13
2.1 概述	13
2.2 尺寸精度	14
2.3 表面光洁程度	19
2.4 壁厚的选择	19
2.5 脱模斜度	23
2.6 加强筋的设计	24
2.7 圆弧	27
2.8 孔的设计	28
2.9 嵌件	32
2.10 螺纹的设计	36
2.11 支承面	40
2.12 侧壁边缘	41
2.13 绞链	41
2.14 旋转防滑纹	42
第 3 章 注塑制品的原材料	44
3.1 常用注塑材料	44

3.1.1	聚乙烯	44
3.1.2	聚丙烯	50
3.1.3	聚苯乙烯	54
3.1.4	ABS	56
3.1.5	聚甲基丙烯酸甲酯	57
3.1.6	聚氯乙烯	58
3.1.7	聚酰胺	59
3.1.8	聚甲醛	61
3.1.9	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	62
3.1.10	聚碳酸酯	63
3.1.11	聚砒	64
3.1.12	改性聚苯醚	64
3.1.13	热塑性增强材料	65
3.1.14	热塑性弹性体	66
3.1.15	塑料的回收利用	68
3.2	填料	69
3.2.1	有机填料	71
3.2.2	无机填料	71
3.3	塑料助剂	73
3.3.1	概述	73
3.3.2	增塑剂	74
3.3.3	热稳定剂	76
3.3.4	润滑剂	80
3.3.5	冲击改性剂	81
3.3.6	耐老化剂	82
3.3.7	偶联剂	83
3.3.8	抗静电剂	84
3.3.9	着色剂	84
3.3.10	交联剂	88
3.3.11	发泡剂	90
3.3.12	脱模剂	92

4.1 注塑机概述	94
4.1.1 注塑机的组成结构	94
4.1.2 注塑机的分类	96
4.1.3 注塑过程	98
4.2 注塑机的基本参数	100
4.2.1 公称注射量	100
4.2.2 注射压力	101
4.2.3 注射速率	101
4.2.4 锁模力	101
4.2.5 合模装置的基本尺寸	103
4.2.6 塑化能力	104
4.2.7 开、合模速度	104
4.2.8 空循环时间	105
4.3 注塑装置的形式与结构	105
4.3.1 注塑装置的动作过程	105
4.3.2 塑化装置的形式和结构	107
4.3.3 注塑喷嘴	112
4.4 合模机构	113
4.4.1 全液压式合模装置	114
4.4.2 全机械式合模机构	118
4.4.3 液压-曲肘合模机构	120
4.4.4 调模装置	122
4.5 推出装置	124
4.6 辅助成型设备	126
4.6.1 上料机	126
4.6.2 料斗式干燥机	127
4.6.3 模温调节器	127
4.6.4 快速换模装置	127
4.6.5 机械手	128

第5章 注塑模具

5.1 概述	130
5.1.1 注塑模具的典型结构	130

5.1.2 注塑模具的分类	133
5.2 注塑模具的设计	138
5.2.1 注塑模具与注塑机的关系	138
5.2.2 注塑模具与塑料的关系	144
5.2.3 注塑模具与制品的关系	145
5.2.4 注塑模具的设计过程	146
5.3 注塑模具所用材料	148
5.3.1 注塑模具对材料的要求	149
5.3.2 注塑模具各零件选材及表面处理	152
5.4 浇注系统设计	157
5.4.1 普通浇注系统设计	157
5.4.2 无流道浇注系统设计	183
5.5 成型零部件的结构设计	195
5.5.1 凹模的结构设计	199
5.5.2 凸模的设计	202
5.5.3 螺纹型芯与螺纹型环的设计	205
5.6 成型零件工作尺寸计算及壁厚计算	207
5.6.1 成型零件工作尺寸的计算	208
5.6.2 成型零件壁厚的计算	216
5.7 合模导向装置	228
5.7.1 导柱导向机构	228
5.7.2 锥面定位机构	233
5.8 推出机构的设计	234
5.8.1 推杆推出机构	237
5.8.2 推管脱模机构	243
5.8.3 推件板脱模机构	246
5.8.4 双脱模结构	247
5.8.5 二级脱模机构	252
5.8.6 螺纹塑件自动脱模机构	257
5.8.7 浇注系统凝料自动脱模	263
5.9 侧向分型与抽芯机构	268
5.9.1 手动分型抽芯机构	268
5.9.2 机动分型抽芯机构	269

5.9.3 液压或气动分型抽芯机构	293
5.9.4 联合作用分型抽芯机构	295
5.10 温控系统	295
5.10.1 冷却	296
5.10.2 加热	305

第6章 注塑工艺

6.1 注塑工艺参数的设定	308
6.1.1 注塑温度	308
6.1.2 注塑压力	313
6.1.3 注塑时间	316
6.1.4 成型周期	319
6.2 注塑工艺过程	319
6.2.1 成型前的准备	319
6.2.2 注射过程	322
6.2.3 制件的后处理	326
6.3 几种常用塑料的注塑工艺	328
6.3.1 聚乙烯	328
6.3.2 聚丙烯	328
6.3.3 聚苯乙烯	333
6.3.4 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	334
6.3.5 聚甲基丙烯酸甲酯	334
6.3.6 聚氯乙烯	335
6.3.7 聚酰胺	336
6.3.8 聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	336
6.3.9 聚碳酸酯	337
6.3.10 聚甲醛	337
6.4 注塑制品的质量	338
6.4.1 注塑制品的内应力	338
6.4.2 注射制品的尺寸精度	342
6.4.3 冲击强度	344
6.4.4 注塑制品的熔接痕的位置与强度	345
6.4.5 注塑制品的外观质量	347

6.4.6 克服制品表面缺陷的措施	350
6.5 热固性塑料注射成型	352
6.5.1 热固性塑料注射成型原理	352
6.5.2 热固性塑料注射成型的工艺特点	352
6.5.3 注射成型用热固性塑料的组成及种类	354
6.5.4 热固性塑料注射成型工艺	356
6.6 其他注射成型	362
6.6.1 精密注射成型	362
6.6.2 反应注射成型	366
6.6.3 气体辅助注射成型	373
6.6.4 排气注射成型	376
6.6.5 结构发泡注射成型	378
6.6.6 流动注射成型	380
第7章 注塑制品成型实例	382
7.1 瓶装啤酒运输用塑料周转箱	382
7.2 塑料托盘	384
7.3 PET 注吹容器型坯	386
7.4 PE 注吹容器型坯	391
7.5 带绞链的洗发香波瓶盖	393
7.6 PVC 电动工具壳	395
7.7 可用于紫外分光光度测量的生化试剂盒	398
7.8 化妆品盒	401
7.9 鞋跟	403
7.10 某型号手机壳部件	405
参考文献	408

第 1 章 塑料注塑制品的发展概况

1.1 概述

1.1.1 注塑工艺简介

塑料是通过制造成各种制品来实现其使用价值的。塑料的主要成型方法有挤出成型、注射成型、吹塑成型、压延成型等，其中注射成型因可以生产较为复杂的制品，在塑料的成型中一直占有极其重要的位置，是热塑性塑料制件成型最主要的一种方法。

注塑也称注射成型或注射模塑，是利用注塑机将粒状或粉状的塑料原料熔融后使其快速进入温度较低的模具内冷却固化形成与模腔形状一致的塑料制品的加工过程。目前，几乎所有的热塑性塑料都有相应的注射品种。注塑工艺可制备不同形状、尺寸、质量、满足各种使用要求的工程制件（如结构件、传动件、外观件、光学件等）和日用件。近年来，注塑已成功地用来成型某些热固性塑料，更显其应用之广泛。

从注塑的定义可以看出，注塑由成型前的准备（选配干燥的原料、清洗料筒等）、注射过程和制件后处理三个阶段所组成，如图 1-1 所示。三个阶段的具体情况是：首先将粉状物料或粒状物料从注塑机料斗送入高温的料筒内加热熔融塑化，使其达到塑化均匀，变为黏流态熔体；然后在螺杆（或柱塞）的高压推动下以很大的流速通过料筒前端的喷嘴并注射进入温度较低的闭合模具中，经过一段时间的保压、冷却定型后，开启模具便可从型腔中顶出具有一定形状和尺寸的制件；最后，为使制件质量稳定可靠，需经检验和后处理。

注塑工艺的特点如下。

① 成型周期短，随着制件的形状、大小、厚度不同以及注塑

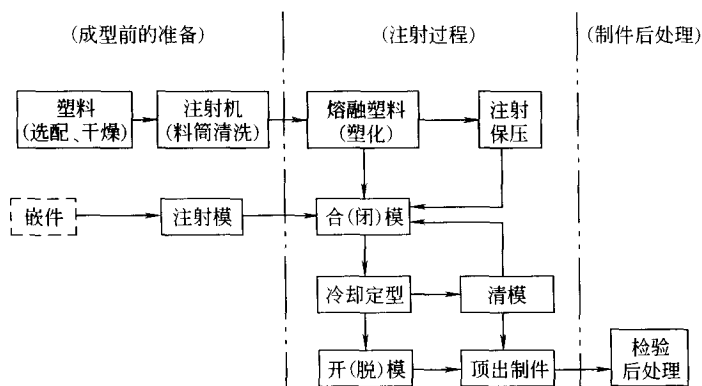


图 1-1 注塑生产工艺过程

机的类型、物料品种和成型工艺条件等不同，周期为几秒至几分钟不等。

② 能一次成型外形复杂、尺寸精度高、表面质量好、带有金属或非金属嵌件的制件；制品的大小从钟表齿轮到汽车保险杠，品种之多其他任何塑料成型方法都无法比拟的。

③ 能适应各种塑料的成型，除聚四氟乙烯和超高分子量聚乙烯等极少数品种外，几乎所有的热塑性塑料（通用塑料、纤维增强塑料、工程塑料）、热固性塑料和弹性体都能用这种方法方便地成型制品。

④ 成型过程自动化程度高，生产率高，其成型过程的合模、加料、塑化、注射、开模和制品顶出等全部操作均由注塑机自动完成。

⑤ 模具的磨损小，体积不大，便于装卸。

总体来说，注塑的优点很多，是较为优异的塑料成型加工方法之一。

1.1.2 注塑制品的特点

注塑制品是通过注塑方法生产出来的塑料制品。与其他塑料成型方法所生产的制品相比较，注塑制品的特点主要体现在可成型原料种类多、制品的结构及外形复杂、精度高、应用范围广泛等

方面。

(1) 注塑制品可选用的材料种类较其他成型方法多 塑料有热固性塑料和热塑性塑料之分，几乎所有的热塑性塑料都可以用注塑的方法生产，热固性塑料也因为注塑设备水平和工艺水平的提高而可以用注塑的方法生产。随着化学工业的发展，人们通过利用新的合成工艺或多种材料共混复合的方法，开发了非常多的新型塑料材料；而这之中的绝大部分都可以用注塑的方法生产。比如 ABS 经共混改性后有几十个品种，其中绝大部分都用于注塑。其他非注塑工艺所能生产的塑料品种要少得多。

(2) 注塑制品外形和结构复杂，可以带有金属或非金属嵌件 注塑制品是与模具外形相一致的制品，由于模具的外形可以很复杂，所以采用注塑技术可制造形状非常复杂的热塑性或热固性塑料制品。这些制品可以批量生产而且很少需要二次修整。例如在注塑制品上直接成型孔洞、凸台和扣梁等组装性零件是常见的做法，这种整体设计技术大大简化甚至避免了二次组装工序。带有金属或非金属嵌件可以提升注塑制品的性能。

(3) 注塑制品精度高 在精密成型、超精密成型注塑机未出现的情况下，注塑制品的精度就比用其他成型方法得到的塑料制品精度要高；随着精密成型、超精密成型注塑机的出现，塑料制品的尺寸精度范围可以达到 $0.01\sim 0.001\text{mm}$ ，而超精密成型则可以达到 $0.001\sim 0.0001\text{mm}$ 。当然这也与塑料材料有关，由于大多数塑料具有收缩的特性，所以要达到较高的精度要求，就要求塑料的收缩特性较为均匀。

(4) 注塑制品的应用非常广泛，一些特殊功能可以根据使用场合而设计 注塑制品广泛应用于国防、交通运输业、建筑材料、农业、科教卫生和日常生活用品中，用注塑机成型的塑料制品的量接近整个塑料制品总质量的 $1/4$ 。在一些特定的场合，比如用在电器元件的注塑制品通常要求制品具有防静电、能屏蔽电磁波等功能，人们就可以利用不同的树脂为基料，通过添加炭黑、金属氧化物、金属微粒、导电有机物等复合而得到所需要的功能。有些制品要求

具有组合功能，人们可以通过结构上的复合而得到所期望的功能。比如多色注塑的化妆品盒子，两种色彩的搭配比喷涂的效果更使人感到新奇。

1.2 注塑技术的发展概况

1.2.1 注塑技术的发展

注塑技术已经历了大约 125 年的发展过程，由于各种各样的工艺方法及技术的引入、改进和提高，这种成型技术显得更具有经济性。与早期开发的 John Wesley Hyatt 生产工艺相比，目前采用的生产理论方法存有较少的概念上的差异。其基本过程仍然是在加热料筒内产生推动压力，形成熔料层流，并流入空的模腔内。在循环生产周期中，不管是采用单个浇口或多个浇口，高或低的熔料流动速率，待注射熔料与模腔壁之间温差的高或低，流畅的加工流程或突变式的加工流程，其基本过程完全相同。

近年来，随着塑料制品应用的日益广泛，为了不断满足注塑制品向高度集成化、高度精密化、高产量等方面发展的要求，以及实现对制品材料的聚集态、相形态、组织形态等方面的控制，或实现对制品进行异质材料的复合，最大程度地发挥聚合物的特性，达到制品高性能的目的，注塑技术有了很大的发展。

从注塑工艺来说，气体辅助注射成型、结构泡沫成型、反应注射成型、共注射成型、推-拉成型、注射-压缩成型、低压注射成型、交变注射成型、熔芯注射成型、动态保压注射成型等引入了模内反应、发泡、振动和气辅等关键技术，大大丰富了传统注塑工艺的内容，使塑料的流动特性、制品的力学性能、外观质量都得到有效的控制。

当然，这些新型注塑工艺所要求的注塑机和模具系统等机械、压力和电气系统控制也有别于传统注塑机。

从注塑设备来说，除了为适应新型注塑工艺对传统注塑设备进行改进或提高外，在注塑辅助机械自动化、节能型注塑机技术及模具技术、专用注塑机开发等方面也有很大提高。如全电动注塑机

就是一种非常节能的注塑机，现阶段正得到逐渐推广。

另外，支持注射成型的计算机技术也有了长足的发展。如利用计算机辅助工程（CAE）技术对注射成型进行流动状态分析、温度场分析、制品残余应力分析、制品翘曲和收缩变形分析等。CAE 技术的发展，不仅大大节约时间，而且还极大地提高了所确定的成型工艺条件的各理性和科学性，从而使制品生产的效率和产品质量显著提高。在塑料成型模具的设计和制造中广泛采用 CAD/CAM 技术，使成型模具的技术水平显著提高，同时在 CAD 中又引入 CAE 技术，又将塑料成型模具技术的合理性、短期化提升到更新更高的水平。在注塑机控制方面，计算机技术的应用也越来越多。如在注塑制品在线监控系统、注塑工艺在线智能管理系统方面的研究也常见于文献报道。

现在，尚处于研发阶段或有待进一步完善推广的注塑技术有注塑机内直接混合技术、长纤维注塑技术、三维 MID 注塑技术、模头滑动注塑技术等。由如下所述可知，这些注塑技术的发展也是传统注塑工艺内容的丰富和成型设备的改进与提高。

（1）长纤维注塑技术 纤维增强塑料利用纤维的高强度和刚度来改进塑料的力学性能。为了更好地发挥纤维在塑料中的强度，其长度必须大于临界长度，当纤维长度小于临界长度的纤维增强塑料受一定载荷时，纤维就会被拔出，纤维的强度就不能得到充分发挥。在长纤维注塑工艺中，保护纤维免受损伤和均匀分布成为关键性的因素，要对注塑机螺杆的转速、背压、螺杆与料筒的间隙、保压压力等进行特殊设计和控制。

（2）注塑机内直接混合技术 几乎任何一种塑料的加工过程都离不开混合工序，混合在加工中起着重要的常常是决定性的作用。如长纤维增强热塑性塑料，纤维必须在聚合物中分布均匀，以达到增强制品力学性能的目的。按惯例，一般将长纤维与热塑性塑料预先混合均匀，造粒，再用于注塑，这样，纤维在塑料中分布非常均匀，但在预混合过程中易造成塑料降解和纤维损伤，更大的缺点是因为多了一道工序造成的制造成本增加，故现在正在开发一种在注

塑机中直接混合的技术，混合过程在塑化段完成。因为纤维和塑料分开购买，相对于购买已混合的颗粒，大大降低制造成本；另一方面，在注塑机中直接混合不易造成混合物成分的偏差。

(3) 三维 MID 注射成型技术 三维 MID 注射成型技术的基本原理是通过使用导电树脂和非导电树脂两种材料将电路制成成型制品。这种技术尚在开发之中，如果成功，将是一种小型、薄型、轻型、低消耗、低成本的制品生产技术，大量生产将是一项划时代的技术。

(4) 模头滑动注射成型技术 模头滑动注射成型技术是一种三维中空成型制品一次成型的独特的成型方法，典型的制品是未来用于生产汽车发动机的进气歧管和中空制品。

1.2.2 注塑技术的应用现状

现阶段，用传统的注塑技术生产的注塑制品仍然占有较大的份额，同时一些新型注塑技术生产的制品数量正在增加。这些新型的注塑技术在很多方面已经对传统注塑工艺进行了改良或代替了传统的注塑工艺，满足了注塑制品节能、高产率、高性能的要求。但是无论是传统的注塑技术还是新型的注塑技术，它们都有其自身的特点，所以各种注塑技术的应用各有不同。以下主要简单介绍几种新型注塑技术的应用。

(1) 流体辅助注射成型 流体辅助注射成型是将流体注射到熔化聚合物中形成制品中间空芯的技术。主要包括气体辅助成型技术和水辅助注射成型技术。

气体辅助注射成型简称气辅技术，是 20 世纪 80 年代为了减轻制品质量和节约生产周期而发展起来的一种新型注射成型技术。

气辅技术为许多原来无法用传统工艺注射成型的制件采用注射成型提供了可能，在汽车、家电、家具、电子、日常用品、办公自动化设备、建筑材料等几乎所有塑料制件领域已经得到了广泛地应用，并且作为一项带有挑战性的新工艺为塑料成型开辟了全新的应用领域。

当前，气辅技术尤其适用于以下几方面的注塑制品。

① 管状、棒状制品 如手柄、挂钩、椅子扶手、淋浴喷头等。采用中空的结构,可在不影响制品功能和使用性能的前提下,大幅度节省原材料,缩短冷却时间和生产周期。

② 大型平板制件 如汽车仪表板、内饰件格栅、商用机器的外罩及抛物线形卫星天线等。通过在制件内设置内置式气道,可以显著提高制品的刚度和表面质量,减少翘曲变形和表面凹陷,且大幅度地降低锁模力,实现在较小的机器上成型较大的制件。

③ 厚、薄壁一体的复杂结构制品 如电视机、计算机用打印机外壳及内部支撑和外部装饰件等。这类制品通常用传统注塑工艺无法一次成型,采用气辅技术提高了模具设计的自由度,有利于配件集成。如松下 29 英寸电视机外壳所需的内部支撑和外部装饰件的数量从常规注塑工艺的 17 个减少至 8 个,可大幅度缩短装配时间。

水辅助注射成型技术是由世界著名的德国 IKV 塑料研究所开发提出。这项技术可成型厚壁截面、形状复杂的管状制品。杜邦和 Engel 公司合作利用该技术生产汽车发动机上的玻璃增强尼龙 66 液体输送管道。水辅技术优于气辅技术的主要优点是制品冷却快、成型周期短。

(2) 泡沫塑料注射成型 泡沫塑料注射成型有结构泡沫塑料成型和微孔泡沫塑料成型两种。

结构泡沫塑料成型是 20 世纪 60 年代初出现的,是生产发泡芯层和实体表层结构的热塑性塑料制作的方法。特别适于生产大而厚的热塑性塑料制作。近几年来,其应用日益广泛。主要用于生产机器外壳、底盘、计算机机箱等大型模塑制品。

微孔发泡塑料发泡注射成型技术与传统塑料发泡技术比较,既不需要化学发泡剂,也不要以烃基为原料的物理催化剂、发泡剂等其他相关反应成分。合理利用微孔注射成型技术可以扩大产品结构形式、提高生产效率、降低生产成本。

(3) 复合注射成型 由于对塑料制品功能多样化的要求日益增多,因此在注射成型领域内展开了各式各样的复合注射成型技术开