

塑料成型加工技术读本

# 塑料注射成型

张增红 熊小平 编著

PLASTIC

0.66



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

塑料成型加工技术读本

# 塑料注射成型

张增红 熊小平 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**

塑料注射成型/张增红,熊小平编著. —北京:化学工业出版社, 2005.3

(塑料成型加工技术读本)

ISBN 7-5025-6739-9

I. 塑… II. ①张…②熊… III. 塑料成型 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 017739 号

---

塑料成型加工技术读本

**塑料注射成型**

张增红 熊小平 编著

责任编辑:白艳云 李晓文 王苏平

责任校对:宋 玮

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)

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

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 字数 264 千字

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6739-9/TQ·2170

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

# 出版者的话

近年来我国塑料加工工业一直持续快速发展，塑料制品在各个领域得到越来越广泛的应用，从事和关注塑料研究、生产与应用的人也日益增多。随着新技术、新材料和新工艺的不断涌现，特别是技术力量相对薄弱的民营企业逐渐成为行业中的重要生力军，使得塑料加工从业人员技术培训显得日益重要。为适应市场的迫切需求，我们特组织全国塑料技工培训中心、北京塑料工业学校和北京化工学校的教师编写了这套《塑料成型加工技术读本》。

本套书根据塑料加工的特点选择相关内容确定了 11 个分册，分别为《塑料注射成型》、《塑料挤出成型》、《塑料中空吹塑成型》、《塑料压延成型》、《塑料压制成型》、《泡沫塑料成型》、《塑料装饰》、《塑料热成型》、《塑料浇铸成型与旋转成型》、《塑料配混》、《塑料回收利用》。各分册在保证编写体例统一、内容格局基本一致前提下，各有侧重和特色。每册内容一般包括加工原理、常用原材料性能、典型工艺、生产设备、操作规程、常见问题分析与解决办法等。整套书的编写原则为实用性、先进性相结合，特别强调可操作性。为适应企业培训和技术人员自学，在书中还安排了思考题，希望《塑料成型加工技术读本》的出版对行业有促进作用。

化学工业出版社

# 前 言

注射成型是高分子材料成型加工中一种重要的方法，热塑性塑料注射占注射成型工艺主导地位，热固性塑料和结构泡沫塑料注射也占有一定份额。特别是为适合特殊性能要求的塑料注射，在传统热塑性塑料注射成型技术的基础上开发了多种新型注射成型技术，如气体辅助注射成型（GAIM）、水辅助注射成型、反应注射成型（RIM）、增强反应注射成型（RRIM）、结构发泡注射成型、低压注射成型、电磁动态注射成型和精密注射成型等，通过各种注射成型可以获得各种结构形状复杂的塑料制品。如今各种复杂塑料注射成型的结构件、功能件以及特殊用途的精密件已广泛的应用到交通、运输、包装、储运、邮电、通讯、建筑、家电、汽车、计算机、航空航天、国防尖端等国民经济的所有领域，已成为不可缺少的重要的生产资料和消费资料。

进入 20 世纪 90 年代，我国国民经济的持续增长，带动了塑料工业的快速增长。塑料机械产业明显的跃升，促使注射产品的应用领域从一般日用、民用行业向国民经济几乎所有的部门拓展，而且具有较高技术含量和高附加值的注射产品开发应用不断增多，提高了我国注塑行业的整体水平。企业技术装备、市场开发能力、产品应用范围和参与市场竞争的能力等方面与以往相比均有了较大提高，沿海工业发达地区的注射产品档次接近港台同类产品的水平。到 2000 年全国注塑产品耗用量约 287 万吨。注塑行业主要生产加工配套产品，服务于国民经济各行各业，市场需求量大，2000 年家电行业洗衣机、冰箱、小家电产品等约需 50 万吨；电子电器、电视机、电脑等产品需塑料配件产品约 50 万吨；250 万辆汽车需注塑配件约 30 万吨；包装储运物流产品约 6.5 万吨。沿海经济发

达地区，由于经济高速增长，急需注塑产品的配套服务，给注塑行业发展带来机遇。目前国内经济发达地区广东、浙江、上海、江苏和山东等省市注塑产品产量约占全国总产量 65%，且从过去劳动密集型逐渐转向技术、资本密集型发展，生产力布局日趋合理。目前注塑行业年加工能力 350 万吨以上，单机注塑加工容量可从 4 克~5 万克，甚至将有 6 万克注塑机问世。

塑料制品的广泛应用为塑机行业发展提供了不竭动力，我国塑料行业的巨大发展潜力为中国塑料机械行业的迅猛成长开拓了广阔的空间。目前，注塑机分为肘杆式（机械式）、全液压式、全电动式、电动/液压复合式四类，这四类各有各的优缺点，各有各的市场。在我国，产品结构不甚合理，肘杆式在市场中占主导地位，而全电动式注塑机在国内还是“瘸腿”，目前没有一家企业正式批量生产，仅作样品机进行宣传。此外电动/液压复合式在国内仍是空白。今后，随着高精度塑件应用范围的扩大和注塑机制造成本的降低，全电动式注塑机有很大的发展空间，电动/液压式注塑机作为一种集液压和电驱动于一体的新型注塑机，它融合了全液压式高性能的优点和全电动式节能的优点，已成为当今精密注塑机发展的方向。中国是世界最大的信息产业市场，手机机体 90% 以上的塑料件全部由国外塑机生产，以塑料为主要原料的数码产业，国产塑机更是无缘问津。

从注塑机问世起，锁模力在 1000~5000kN，注射量在 50~2000g 的中小型注塑机占绝大多数。到了 20 世纪 70 年代后期，由于工程塑料的发展，特别是在汽车、船舶、宇航、机械以及大型家用电器方面的广泛应用，使大型注塑机得到了迅速发展。美国最为明显。在 1980 年全美国约有 140 台 10000kN 以上锁模力的大型注塑机投入市场，到 1985 年增至 500 多台。日本名机公司已经成功地制造了当今世界最大的注塑机，其锁模力达到 120000kN，注射量达到 92000g。80 年代以来，CAD/CAE/CAPP/CAM 计算机应用技术注塑机制造业的广泛采用，促进了我国注塑机研发和制造水平的高速发展。注塑机朝着组合结构、专用化、系列化、标准

化、复合化、微型化、大型化、个性化、智能化方向发展。用户可以根据自己的实际要求，进行“组合和匹配”。另外围绕节能、省料的技术方针及满足专用材料和特殊用途的需要，开发了许多新型设备和特殊专用设备，如低压注射成型机、气体辅助注射成型机、夹芯注塑机，薄壁注塑机、结构反应注塑机、超高速注射机、注射压缩成型机等。

另还有一些科技含量高的注塑机，市场需求也正渐渐走强。一是全电动、全液压精密类注塑机。这类产品主打市场是电子通讯、音像、家电、汽车等，加工条件要求较高，对注塑机的精密度要求也有所提高，这些产业均为朝阳产业，有很大的上升空间。二是中空注塑机发展较快。这是由于塑料零件在振动状态下的应力破坏问题是汽车全塑化及其他一些工程应用上的大难题，而多种橡塑材料结合应用加上中空注塑技术，可有效改善上述缺陷。三是带有空气辅助、水辅助装置的新型注塑机。这类技术有很大的近期市场，特别是对外观要求较高，使用寿命较长的产品，如家电、汽车、建筑等更有吸引力。随着新工艺、新设备的出现必将更好地推动我国注塑行业的发展。

本书较为系统地介绍了注塑用材料的性能、注塑工艺、注射成型设备及模具之间的内在联系，力求全面、系统，理论表述清楚易懂，可操作性较强。适用于从事塑料行业的技术员、工人的培训教材和塑料专业学生的参考资料。

在本书的编写过程中得到过多位工作在生产一线的高级工程师的帮助，特别是李茂森、刘贵寿、李宝德、李春玲、杨志强等的大力支持，在此表示深切的谢意。

由于编写水平及时间有限，本书可能有一些不足之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

<b>第一章 注射成型的理论基础</b> .....	1
<b>第一节 概述</b> .....	1
<b>第二节 塑料材料的加工性</b> .....	1
一、塑料的可挤压性 .....	3
二、塑料的可模塑性 .....	4
三、塑料的可延展性 .....	5
<b>第三节 聚合物的流动及其流变行为</b> .....	5
一、聚合物流动的描述 .....	5
二、聚合物流动的特点 .....	8
三、影响聚合物流动的因素 .....	10
四、聚合物熔体流动中的弹性行为 .....	13
<b>第四节 聚合物的结晶与取向</b> .....	16
一、聚合物的结晶过程 .....	16
二、聚合物的结晶条件 .....	17
三、聚合物的结晶特点 .....	18
四、聚合物结晶对性能的影响 .....	19
五、成型加工对聚合物的结晶的影响 .....	20
六、聚合物的取向 .....	21
<b>第五节 聚合物的降解</b> .....	24
一、热降解 .....	24
二、氧化降解 .....	24
三、应力降解 .....	25
四、水解作用 .....	25
<b>第六节 聚合物的一些工艺特性</b> .....	25
一、吸湿性 .....	25



二、相溶性 .....	26
三、收缩性 .....	26
四、毒性、刺激性、腐蚀性 .....	27
五、流动性 .....	28
六、热稳定性 .....	29
思考题 .....	30
<b>第二章 塑料注射成型设备 .....</b>	<b>32</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>32</b>
一、注塑机的结构组成和分类 .....	32
二、注射成型的循环过程 .....	39
<b>第二节 注塑机的基本参数及型号表示方法 .....</b>	<b>41</b>
一、注塑机的基本参数 .....	41
二、注塑机产品型号的表示方法 .....	49
<b>第三节 注塑机的注射系统 .....</b>	<b>52</b>
一、柱塞式注射装置 .....	52
二、预塑式注射装置 .....	53
<b>第四节 注塑机的合模系统 .....</b>	<b>62</b>
一、对合模装置的要求 .....	62
二、合模装置的结构及分类 .....	62
三、调模机构 .....	71
四、顶出机构 .....	73
<b>第五节 注塑机的液压系统 .....</b>	<b>74</b>
一、注塑机液压系统的组成 .....	74
二、液压油的选择和使用与维护 .....	75
三、注塑机各装置对液压系统的要求 .....	76
四、液压系统的防污 .....	77
五、注塑机液压系统常见故障分析与排除 .....	78
<b>第六节 注塑机的使用与维护保养 .....</b>	<b>82</b>
一、注塑机的使用 .....	82
二、注塑机的维护保养 .....	92
三、注塑机自身故障原因分析及预防 .....	97

四、注塑机的正确操作程序 .....	102
五、注塑机的正确调校程序 .....	104
六、注塑机一般操作故障及排除方法 .....	105
第七节 塑料注射成型的辅助设备 .....	107
一、供料系统 .....	107
二、干燥系统 .....	110
三、其他辅助设备 .....	114
思考题 .....	116
<b>第三章 塑料注射成型工艺</b> .....	<b>118</b>
第一节 注射成型前的准备 .....	118
一、原材料的预处理 .....	118
二、嵌件的预热 .....	120
三、料筒的清洗 .....	120
四、脱模剂的选用 .....	121
第二节 注射成型工艺条件的选择与确定 .....	122
一、温度 .....	122
二、压力 .....	131
三、成型周期 .....	139
第三节 制品的后处理 .....	145
一、退火处理 .....	146
二、调湿处理 .....	147
思考题 .....	148
<b>第四章 典型塑料的注射成型工艺</b> .....	<b>150</b>
第一节 常用热塑性塑料的注射工艺 .....	150
一、聚乙烯 (PE) .....	150
二、聚丙烯 (PP) .....	152
三、聚苯乙烯 (PS) .....	154
四、抗冲击聚苯乙烯 (HIPS) .....	156
五、聚氯乙烯 (PVC) .....	156
六、ABS .....	159
七、聚酰胺 (尼龙 PA) .....	162

八、聚甲醛 (POM) .....	168
九、聚甲基丙烯酸甲酯 (或有机玻璃 PMMA) .....	170
十、聚碳酸酯 (PC) .....	172
十一、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) .....	177
十二、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) .....	182
十三、聚砜 (PSU) .....	185
十四、聚苯硫醚 (PPS) .....	188
十五、聚苯醚 (PPO) .....	190
十六、ASA (丙烯酸-苯乙烯-丙烯腈) .....	191
十七、聚四氟乙烯 (PTFE) .....	192
十八、可溶性聚四氟乙烯 (PFA) .....	193
十九、聚四氟乙烯-乙烯共聚物 (ETFE) .....	194
二十、热塑性增强塑料的注射成型 .....	194
<b>第二节 热固性塑料的注射工艺</b> .....	201
一、热固性塑料注射成型 .....	201
二、热固性塑料注射成型特点 .....	203
三、对热固性塑料成型的要求 .....	204
四、几种常用热固性塑料 .....	204
五、热固性塑料注塑机 .....	207
六、热固性塑料注射成型工艺 .....	211
七、各种热固性塑料的注射工艺条件 .....	213
八、热固性塑料注射成型的故障及解决办法 .....	214
<b>思考题</b> .....	219
<b>第五章 其他注射成型和注射新工艺</b> .....	221
<b>第一节 其他注射成型工艺</b> .....	221
一、双色 (或多色) 注射成型 .....	221
二、结构发泡注射成型 .....	226
三、排气注射成型 .....	230
四、流体辅助注射成型 .....	234
五、液体注射成型 (LIM) .....	239
六、流动注射成型 .....	241

七、反应注射成型 (RIM)	242
八、BMC 注射成型	244
九、精密注射成型	245
十、动力熔融注射成型	249
十一、微孔泡沫塑料注射成型	250
十二、注射压缩成型	251
<b>第二节 注塑新技术</b>	252
一、动态注射成型	252
二、微注射成型	252
三、熔芯注射成型	253
四、低压注射成型	254
五、剪切控制取向注射成型	255
六、推-拉注射成型	256
七、模具滑动注射成型	257
思考题	257
<b>第六章 注塑模及制品设计概述</b>	259
<b>第一节 概述</b>	259
一、注塑模概述	259
二、注塑模的分类	259
三、注塑模的结构组成	264
<b>第二节 注塑模设计程序</b>	267
一、模具设计要点	267
二、注塑模的设计步骤	269
三、模具材料的选用	272
<b>第三节 制品设计简述</b>	272
思考题	274
<b>第七章 制品质量分析</b>	275
<b>第一节 注塑制品的内应力</b>	275
一、内应力产生的原因及对制品的影响	275
二、内应力的种类	275
三、内应力的分散与消除	276

第二节 注塑制品的收缩性 .....	278
一、概述 .....	278
二、制品收缩的主要原因 .....	279
三、影响制品收缩的主要因素 .....	279
第三节 注塑制品的熔接痕 .....	280
一、熔接痕形成的原因 .....	280
二、熔接痕的种类 .....	280
三、熔接痕对性能的影响 .....	281
第四节 制品中出现不正常现象的原因及解决办法 .....	282
一、影响注塑产品质量的因素 .....	282
二、改进注塑产品质量缺陷的原则 .....	283
三、注塑制品产生缺陷的原因及解决办法 .....	283
思考题 .....	295
<b>附录 1 部分国产注塑机的技术参数</b> .....	296
<b>附录 2 部分国产精密注塑机的技术参数</b> .....	298
<b>附录 3 塑料原料名称中英文对照表</b> .....	300
<b>主要参考文献</b> .....	303

# 第一章 注射成型的理论基础

## 第一节 概 述

塑料成型是将塑料材料转变为塑料制品的一门工程技术。要实现这种转变，就要研究在转变过程中塑料的各种性质和行为与各因素之间的关系，从而采用合理的工艺和工程以制得质量良好的塑料制品。

注射成型通常包括两个过程：首先使成型物料熔融流动，并取得所需形状，然后设法保持既得形状成为制品。因此，要求对塑料材料在这些过程中所表现的各种物理及化学行为有足够的认识，在此基础上才能求得合理的配方、制定相应的工艺路线，并进而对所用的工艺设备提出合理的要求。

本章将简要介绍塑料在成型中所表现的一些基本物理和化学行为——聚合物的流变、结晶、取向、降解和加工性等。

## 第二节 塑料材料的加工性

聚合物根据分子链的几何形状不同，通常分为线型、支链型和网型（体型）三大类，如图 1-1 所示。线型聚合物具有长链分子结构，这些长链分子总是互相贯穿、彼此重叠、缠结在一起，形成所谓的无规线团结构。长链分子间存在着强大的吸引力，使聚合物表现出各种各样的力学性能，从而使塑料在成型过程中表现出许多不同的性能和行为。

由于聚合物的大分子结构和分子热运动特点，决定了聚合物存

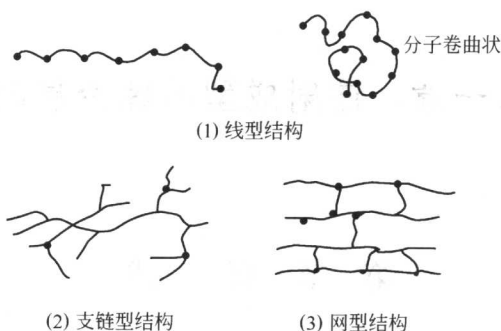


图 1-1 聚合物分子的结构

在玻璃态、高弹态和黏流态等聚集态。聚集态的转变受化学组成、分子结构、所受应力和环境温度的影响，聚合物的组成一定时，主要与温度有关。塑料的成型与聚合物聚集态的转变温度有直接关系，如图 1-2 所示。

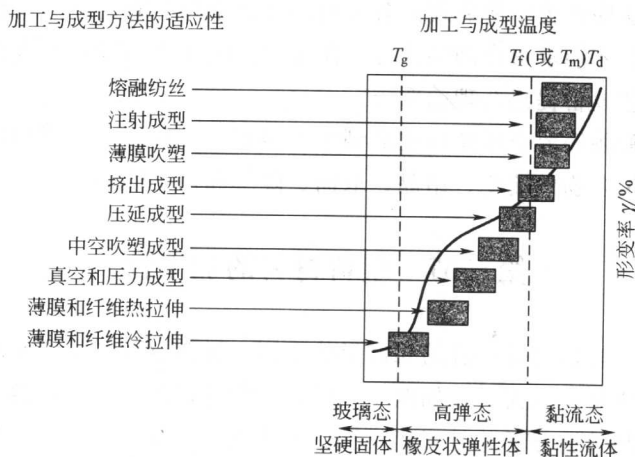


图 1-2 聚合物聚集态与塑料成型的关系

当温度在玻璃化温度 ( $T_g$ ) 以下时，聚合物处于玻璃态，是坚硬的固体。分子热运动能量较小，链段运动被冻结，当受到外力

作用时，只能使主链的键角和键长有微小的改变，因此，从宏观上来说聚合物受力后的形变值很小，弹性模量较大，且形变是可逆的。在这一聚集态不宜进行较大变形的成型，但可进行车、铣、削、刨等机械加工。在玻璃化温度 ( $T_g$ ) 以上，塑料要变软，受力会变形，所以玻璃化温度 ( $T_g$ ) 是塑料使用的最高温度。塑料使用的下限温度称为脆化温度，低于脆化温度时，塑料受力易发生断裂破坏。

当温度在玻璃化温度和黏流温度 ( $T_f$ ) 之间时，聚合物处于高弹态，分子热运动的能量增加，链段不但可以通过主链中的单键的内旋转而不断改变构象，而且可使部分链段滑移，表现在宏观上可以发生很大的形变，弹性模量大大降低，且形变也是可逆的。在这一聚集态，对于无定型聚合物，可对某些材料进行加压、弯曲、中空或真空成型。对结晶聚合物，可在玻璃化温度至熔点 ( $T_g \sim T_m$ ) 区间进行薄膜和纤维的拉伸。

当温度升高到黏流温度（或熔点）以上时，聚合物大分子链相互滑移而转变为黏流态，聚合物在外力作用下会发生黏性流动，这种流动和低分子液体的流动相类似，是不可逆的形变。在黏流温度以上不高的温度范围内，常用来进行压延成型、某些挤出和吹塑成型。在比黏流温度更高的温度下，聚合物的弹性模量降到最低值，在不大的外力下就能引起熔体的流动变形，且此时的形变主要是不可逆的黏性变形，熔体冷却后即能将变形永久保持下来，因此，这一温度范围常用于进行纺丝、注射、挤出、吹塑和贴合等成型。温度过高会使聚合物黏度大大降低给成型带来困难并使产品质量变劣。温度高到分解温度 ( $T_d$ ) 时，还会引起聚合物的分解变质。

### 一、塑料的可挤压性

可挤压性是指塑料通过挤压作用变形时获得一定形状并保持这种形状的能力。

通过前面的介绍可知，塑料只有在黏流态时才能通过挤压而获得一定的形状。所以衡量聚合物可挤压性的物理量是熔体的黏度。熔体黏度过高，流动和成型困难；反之，熔体黏度过低，虽有良好



的流动性，易获得一定的形状，但保持形状的能力较差。

此外，成型设备的结构以及温度、压力等成型条件也会影响塑料熔体的流动性，通常用熔体流动速率的大小评价聚合物的可挤压性，通过熔体流动速率的测量决定挤压成型时所需的压力及设备的几何尺寸。表 1-1 列出了一些成型方法与熔体流动速率之间的对应关系。

表 1-1 成型方法与熔体流动速率的关系

成型方法	产 品	所需材料的熔体流动速率	成型方法	产 品	所需材料的熔体流动速率
挤出成型	管材	<0.1	注射成型	模压制件	1~2
	片材、瓶、薄壁管	0.1~0.5		薄壁制件	3~6
	电线电缆	0.1~1	涂布	涂覆纸	9~15
	薄片、单丝(纯)	0.5~1			
	多股丝或纤维	约 1			
	瓶(玻璃状)	1~2			
	胶片	9~15	真空成型	制件	0.2~0.5

## 二、塑料的可模塑性

可模塑性是指塑料在温度和压力作用下产生形变并在模具型腔中模制成型的能力。具有可模塑性的塑料可通过注射、模压和挤出等成型方法制成各种形状的模塑制品。

可模塑性主要取决于材料的流变性、热性能、物理力学性能以及热固性塑料的化学反应性能等，成型时的工艺因素（温度、压力、成型周期等）以及模具的结构尺寸。图 1-3 为可模塑性与温度、压力之间的关系。温度过高流动性好，

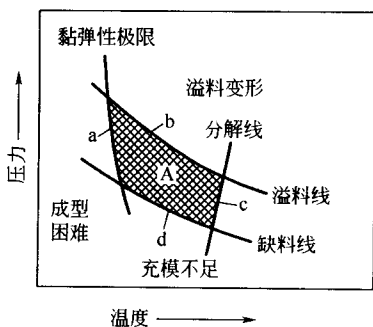


图 1-3 模塑压力-温度曲线

A—成型区域；a—表面不良线；b—溢料线；c—分解线；d—缺料线