

PROCESSING TECHNOLOGY OF PLASTICS

Processing Technology of Plastics

塑料成型工艺

王加龙 编著 戚亚光 主审

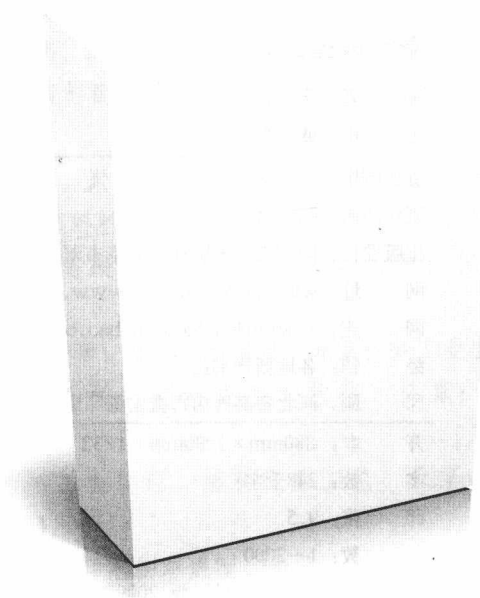


PROCESSING TECHNOLOGY OF PLASTICS

Processing Technology of Plastics

塑料成型工艺

王加龙 编著 戚亚光 主审



印刷工业出版社

内容提要

本书简要阐述了塑料成型工艺的基本理论和工艺。

全书对塑料成型加工中的流变学和加工热行为作了简要的阐述,并介绍了塑料的配制原理与工艺、挤出成型工艺、注射成型工艺、压延成型工艺、泡沫塑料的成型工艺、模压成型与层压成型工艺和其他成型工艺方法。

本书的内容密切联系现代生产实际,工艺方法切实可行,工艺参数与生产实际吻合,是从事高分子材料加工人员的一本很好的参考资料。本书内容翔实,图文并茂,可作为职业院校和技术工人培训的相关教材,也适合塑料从业人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺 / 王加龙编著. —北京: 印刷工业出版社, 2009.6

ISBN 978-7-80000-838-2

I. 塑… II. 王… III. 塑料成型—工艺—高等学校: 技术学校—教 IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第072104号

塑料成型工艺

编 著: 王加龙

主 审: 戚亚光

责任编辑: 张宇华

责任校对: 郭 平

责任印制: 张利君

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店: [//shop36885379.taobao.com](http://shop36885379.taobao.com)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 河北省高碑店市鑫宏源印刷包装有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

字 数: 248千字

印 张: 9.5

印 数: 1~3000

印 次: 2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

定 价: 26.00元

I S B N : 978-7-80000-838-2

如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275707 010-88275602

编写说明

本书介绍了塑料成型工艺的基本理论和工艺。本书共分绪论、第一章至第八章。绪论部分简述了高分子材料的基本概念和基本特性；第一章内容包括高分子材料加工流变学和高分子材料加工中的热行为；第二章内容主要包括塑料材料的配料及配料工艺；第三章简述了塑料挤出成型工艺；第四章简述了塑料注射成型工艺；第五章简述了塑料压延成型工艺；第六章简述了塑料模压工艺与层压工艺；第七章简述了泡沫塑料成型工艺；第八章简述了其他工艺方法。

本书在编写过程中，既注意从职业院校塑料加工专业学生掌握基础理论的需要出发，又注意到培养学生的综合素质和应用专业知识的能力，在全面阐述成熟的基础理论和基本工艺的前提下，力求介绍高分子材料工业中的新材料、新设备、新工艺和新技术。书中的内容与生产实践结合紧密，使学生读完本书后，对塑料成型工艺有一定了解。本书内容翔实，工艺方法切实可行，工艺参数与生产实际相吻合，也适合从事高分子材料加工人员阅读使用。

本书由王加龙编写全部内容，戚亚光任主审。在编写过程中，得到了许昆鹏等同志的支持，在此表示衷心的感谢。

编者

2009年2月

于常州轻工职业技术学院

目 录

Contents

● 绪 论	1
一、高分子材料基本概念	1
二、塑料材料及其成型加工	3
三、塑料材料的应用特性与成型加工特点	4
四、塑料成型工艺在塑料加工中的作用	4
五、塑料材料成型工业的发展概况	5
六、计算机在塑料成型过程中的应用	6
● 第一章 塑料成型加工基础	10
第一节 塑料熔体在成型加工中的流动	10
一、剪切流动	10
二、拉伸流动	15
三、塑料熔体黏度及其影响因素	17
第二节 塑料成型过程中的聚集态变化	20
一、成型过程中的结晶	20
二、成型过程中的取向	26
第三节 塑料成型过程中的热行为	31
一、塑料材料的热物理特性	32
二、塑料材料成型过程中的热传导	34
三、塑料材料成型过程中的生成热	35
● 第二章 塑料配料工艺	37
第一节 物料的初加工与配料	37

一、物料的预处理	37
二、物料的输送与计量	42
三、塑料分散体及其制备	44
第二节 塑料配料工艺	48
一、塑料混合工艺	48
二、塑料塑化工艺	52
第三节 塑料配料操作	59
一、准备阶段的操作	59
二、PVC 干粉料的配制	61
三、PVC 润性物料的配料与捏合	64
● 第三章 塑料挤出成型工艺	76
第一节 挤出成型概论	76
一、概述	76
二、塑料成型工业所用挤出机	77
三、塑料挤出成型操作	85
第二节 常用塑料制品挤出工艺	89
一、塑料管材挤出成型工艺与挤出操作	90
二、吹塑薄膜挤出成型工艺	99
三、流涎薄膜成型工艺与操作	107
四、挤出法塑料板材成型工艺	111
五、塑料丝的加工工艺	116
六、其他挤出制品加工工艺	119
● 第四章 塑料注射成型工艺	121
第一节 塑料注射成型概论	121
一、塑料注射成型机的主要技术参数	122
二、塑料注射工艺过程	124
第二节 注射工艺参数的设置	128
一、预塑参数	128

二、合模参数	130
三、温控参数	131
四、压力参数	135
五、成型周期	139
六、多级注射	142
七、常用塑料的注射工艺参数汇总	143
第三节 注射机操作入门	146
一、了解所需的注射信息	146
二、按照工艺卡的数据设置工艺参数	149
三、料筒的清洗	151
四、初步学会操作	154
五、直观分析法检验塑化质量	154
第四节 模具的安装、调试和保养	155
一、注射模和注射机的关系	155
二、模具的安装	155
三、模具的拆卸	161
四、模具的调试	161
五、模具的预防性保养	163
六、模具的维护性保养	167
● 第五章 塑料压延成型工艺	168
第一节 压延成型概论	168
一、压延机主要技术参数	169
二、压延生产线后联动装置	178
第二节 塑料制品压延工艺	180
一、SPVC 塑料薄膜的压延工艺	180
二、硬 PVC 片材的压延成型	189
第三节 压延工艺操作	191
一、试车前的准备	191
二、空载无负荷试车	193

三、投料试车	195
● 第六章 塑料模压工艺与层压工艺	201
第一节 塑料模压工艺	201
一、模压工艺过程中塑料的变化	202
二、压机	203
三、热固性塑料模压成型工艺	205
第二节 塑料模压成型操作	211
一、模压成型前的预处理	211
二、模压操作	214
第三节 塑料层压成型工艺	217
一、层压塑料所用的原辅材料	218
二、层压成型过程及其工艺参数分析	222
三、SMC 及其成型工艺	226
● 第七章 泡沫塑料成型工艺	230
第一节 气泡形成原理和发泡方法	231
一、泡沫塑料气泡形成原理	231
二、泡沫塑料的发泡方法	232
三、发泡助剂	235
第二节 物理发泡法	236
一、PS 泡沫塑料	236
二、溶解惰性气体发泡法成型 SPVC 泡沫塑料	240
三、PE 的低沸点液体物理发泡法的挤出成型	243
第三节 化学发泡法	245
一、化学发泡剂的特性与选择	245
二、化学发泡模压法生产 SPVC 泡沫塑料拖鞋	245
三、化学发泡注射法生产 SPVC 泡沫塑料拖鞋	246
四、化学发泡法低发泡挤出 RPVC 型材	247
五、PE 塑料的交联发泡	247

第四节 聚氨酯泡沫塑料及其成型	251
一、聚氨酯泡沫塑料所用的原料和助剂	251
二、成型过程中的基本化学反应与成型方法	254
三、PU 泡沫塑料生产工艺	257
● 第八章 其他工艺方法	260
第一节 中空吹塑	260
一、概述	260
二、挤出吹塑	261
三、注射吹塑	262
四、拉伸吹塑	263
五、设备与工艺	264
第二节 塑料的热成型与冷成型	267
一、热成型的基本方法及其特点	269
二、热成型的设备及工艺要求	270
三、热成型工艺实例	273
四、冷成型	277
第三节 浇注成型	278
一、概述	278
二、MC 尼龙静态浇注	279
三、PMMA 的浇注	281
四、搪塑成型	284
五、其他几种浇注工艺	286
第四节 其他成型方法	287
一、人造革的涂覆成型	287
二、涂层工艺	290
三、复合工艺	291
● 主要参考文献	293

绪 论

高分子材料从来源来分，可分为“天然高分子材料”和“合成高分子材料”。天然高分子材料种类很多，如蛋白质、纤维素、天然橡胶等。本课程基本上不讨论其他天然高分子材料，只涉及天然橡胶。合成高分子材料主要是三大合成材料，即塑料材料、合成橡胶和合成纤维。严格地讲，高分子材料还包括涂料、黏合剂等，但人们已习惯将高分子材料称为三大合成材料。三大合成材料应用广泛，发展前景看好。本书重点阐述塑料材料的成型工艺。

一、高分子材料基本概念

什么叫高分子？通常认为，相对分子质量超过 10^4 的材料称为高分子物或高聚物；但有时相对分子质量不到 10^4 的材料也称为高分子物。

如果把低分子化合物看作为“点”状分子，则线型高聚物恰似一条“链”或者是一串“珠子”，如图1所示。

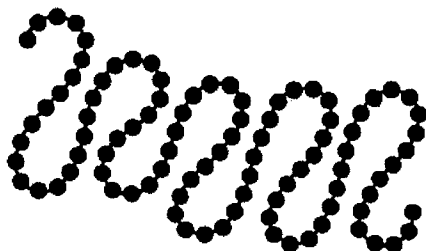


图1 聚合物分子链的串珠状模型

由于线型聚合物的相对分子质量很大，分子链很长，故称为大分子链（或分子链）。大分子链上每个重复结构单元称作大分子链的一个链节；重复单元数 n 称为链节数。在讨论聚合物的分子运动时，还要用到链段的

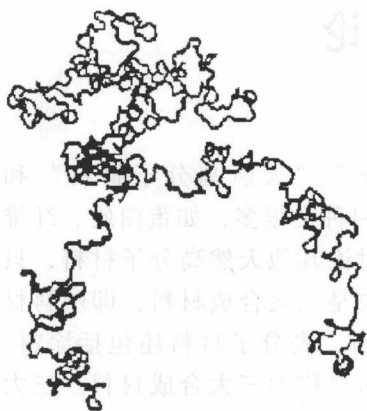


图2 单个聚合物分子的形态

概念，它是大分子链中可以独立运动的一个区段，可由几十个至上百个链节组成，视聚合物分子链的刚柔性而定。

分子主链的长径比可达 $10^4 \sim 10^5$ 以上。由于巨大的长径比和分子的热运动，使聚合物分子的形态常呈现相互缠结的无规卷曲态，如图2所示。

由于塑料材料具有以上的微观结构，弹性模量随着温度的变化而变化，见图3。

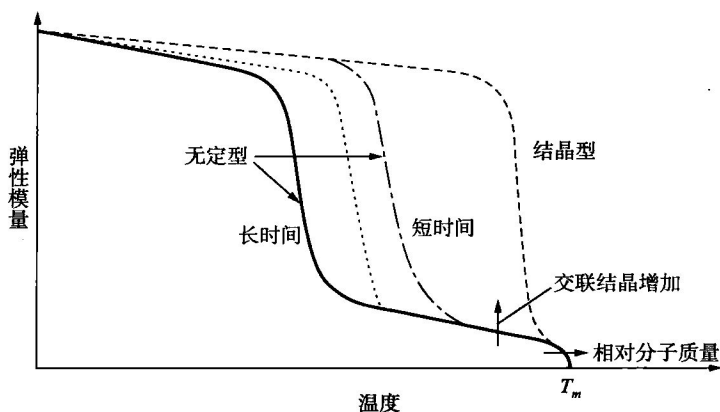


图3 塑料材料弹性模量—温度曲线

由此可见，塑料可分为无定型和结晶型两大类，且具有三种热力学状态：玻璃态、高弹态和黏流态。

作为塑料材料，绝大多数都以玻璃态进入实用领域，而成型加工过程往往在黏流态（有些工艺方法的某些工序也在高弹态进行）。

二、塑料材料及其成型加工

塑料是以树脂（有时用单体在加工过程中直接聚合）为主要成分，一般含有添加剂、在成型过程中能流动成型的材料。目前塑料一词尚无确切定义，一般不包括弹性体、纤维、涂料、黏合剂。

塑料材料的成型是将塑料材料转变成所需形状和性质的实用材料或制品的工程技术。塑料成型是一门工程技术专业的总称。所涉及的内容是将塑料材料转变为塑料制品的各种工艺和工程。将塑料材料转变为塑料制品也就是增添其使用价值。在转变的工艺过程中常会发生以下一种或几种情况：化学变化、流动以及物理性能的改变。

《塑料成型工艺》（简称《工艺》）的内容分为：①塑料成型加工基础；②塑料配料工艺；③塑料挤出成型工艺；④塑料注射成型工艺；⑤塑料压延成型工艺；⑥塑料模压成型工艺与层压成型工艺；⑦泡沫塑料成型工艺；⑧中空成型工艺与其他工艺方法。

根据有关资料统计，各种成型方法在整个塑料加工业所占的比重如图4所示。

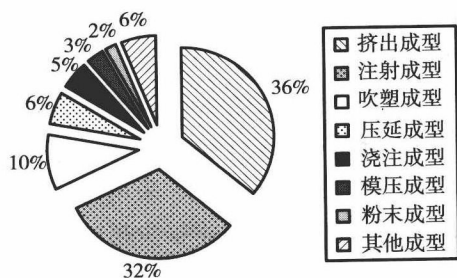


图4 各种成型方法在塑料加工业所占的比重

由此可见，挤出成型和注射成型这两种方法占整个塑料加工业的大半（68%）。

形状的转变往往是为满足使材料转化为制品这一过程而进行的。大多数情况下是使塑料材料流动或变形来实现形状的转变。要使塑料材料流动，往往采用加热，而使黏流状态的材料定型又必须将热量散发出来。塑料材料结构的转变包括塑料材料的组成、组成方式、微观和宏观结构的变化等，也包括塑料材料结晶和取向所引起材料聚集态的变化。这种转变主要是为满足对成品内在质量的要求而进行的，一般通过配方设计（材料按适当的比例混合），采用先进的工艺流程和适宜工艺参数来实现。

塑料成型过程中材料结构的转变有些是材料本身所固有的，亦或是有意进行的，有些则是不正常的加工方法或工艺参数所引起的。如何才能使塑料材料在加工过程中，使这些转变向着我们所期望的方向进行呢？首先要深刻理解和熟悉这些转变过程中的基本原理和基本工艺，而这正是这门课程的主要任务。当然，实际生产经验也是不可少的。

三、塑料材料的应用特性与成型加工特点

塑料材料具有许多优良性能，如质轻、电气绝缘性好、隔热性能好等（高分子材料也有其本身的不足，如力学强度低、耐老化性能差、易燃烧等）。当然，任何一种材料，除了具有许多优良特性，同时还存在许多缺点，如塑料材料的绝对强度低，使用过程中易蠕变，易老化，易燃烧等。

然而，在这许多优良性能中，一个突出优点就有可能使这些塑料材料的发展前景十分乐观。这个突出的优点就是塑料材料有优异的加工性能，即能便宜而廉价地加工、采用简便的方法就能生产出几何形状相当复杂的制品、加工成本很少超过材料的成本。

四、塑料成型工艺在塑料加工中的作用

塑料材料工业共包含“原材料生产”（树脂、有时还包括半成品的生产）和“制品生产”两个系统。这两个系统相辅相成。若

没有原材料的生产（或原材料生产滞后），则制品的生产就成了无源之水；当然，没有制品生产（成型加工工业），那么再多再好的原材料也不能进入使用领域，不会成为生产或生活资料。而塑料成型工艺就是制品生产系统中的“灵魂”（理论依据）。

原材料生产系统是指将单体聚合成为塑料材料。制品生产是指将高分子材料加工为制品的过程。对于某些制品，采用何种原辅材料、什么样的加工方法，工艺和工程问题如何解决，可在本书中寻求答案。

五、塑料材料成型工业的发展概况

塑料材料成型和应用经历了一个曲折的发展过程，大约有一百年的时间。第一个阶段为萌芽期，1872年，A. Bayer 合成了酚醛（PF）树脂。1909年，PF 塑料用作电气绝缘材料（俗称“电木粉”），1932年，PF 塑料电话机问世。这段时期的特点是：品种少，成型设备原始且粗糙，工艺不成熟。第二个阶段为发展期，这个时期的特点是塑料品种增加很快，成型设备有很大的改进，工艺逐渐成熟。聚苯乙烯（PS）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA，俗称有机玻璃）、聚四氟乙烯（PTFE）、聚氯乙烯（PVC）这些树脂都在第二次世界大战时期合成了。1939年，英国建立了世界上第一个高压聚乙烯（低密度聚乙烯：LDPE）厂。1953年，Ziegler（齐格勒）用三乙基铝/ TiCl_4 在常压下使乙烯聚合，合成了高密度聚乙烯（HDPE）。1954年，G. Natta（纳塔）改进了催化剂，合成了等规聚丙烯（iPP）。第三个阶段为变革期。在这段时期，虽然品种增加得不多，但产量有很大的提高，质量有很大改善，成型设备逐渐成熟且定型，工艺控制精确。塑料材料的工程化和功能化方面有了长足的进展，人们致力于研究塑料材料的接枝、共聚、增强、共混及合金化，以提高物理力学性能，或得到透光、抗冲、耐寒、耐热、阻燃耐候等性能，以提高材料的性能价格比（性价比）。

从总体来说，塑料工业是一个新兴的工业，尤其在我国，塑料

工业方兴未艾。

六、计算机在塑料成型过程中的应用

计算机在塑料成型过程中的应用绝不仅仅是用 AutoCAD 画模具图，而是贯穿塑料成型工艺的发展演变过程，和所有应用技术的发展过程一样，是在不断发展基础上发展起来的，如图 5 所示。

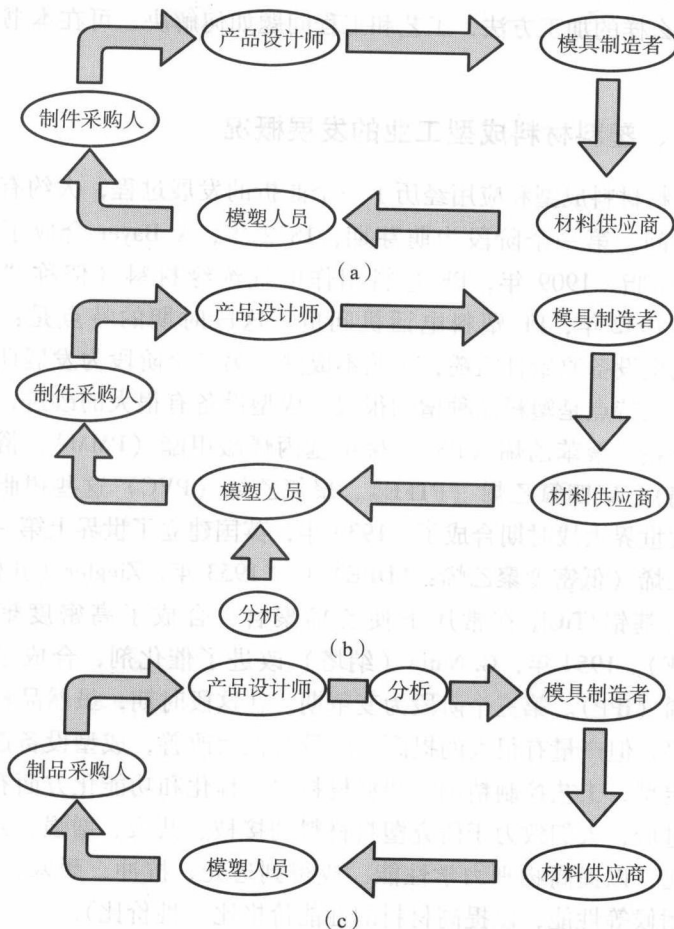
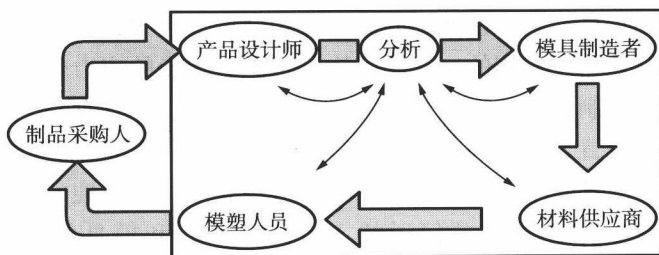


图 5 塑料成型工艺发展演变图



(d)

图5 塑料成型工艺发展演变图 (续)

- (a) 20世纪60年代，几乎没有分析手段；(b) 20世纪70年代，分析作为问题的解决工具；(c) 20世纪80年代，分析用于避免问题的发生；(d) 20世纪90年代，分析用于过程优化

由图5可知，无论时代如何发展，塑料成型工艺的基本要素就是五个方面：制件采购人、产品设计师、模具制造者、材料供应商和模塑人员，并由这五要素组成了一个循环图。分析手段的应用及分析手段应用于何种阶段，对成型工艺的发展至关重要。计算机的出现，为塑料成型工艺的过程优化提供了支持。

计算机的发展给塑料成型工艺带来深刻的变化，模塑计算机分析应用示意图见图6。

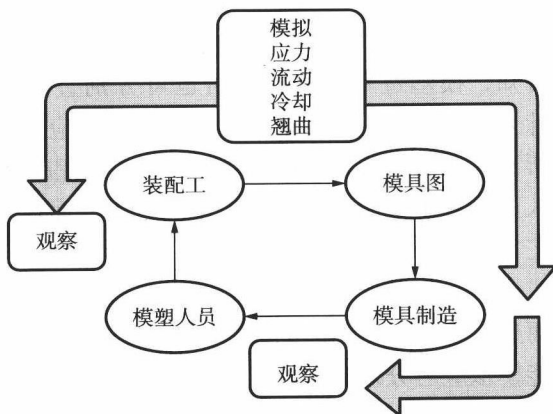


图6 模塑计算机分析应用示意图

由图 6 可知，在模塑制品的设计和制造过程中，分析始终与设计 and 制造是相互作用的。在制品构思阶段，初步的应力分析就可以开始了。在制品设计完成之前，简单的流动分析可以有助于浇口和模具整体布置方案的确定。模具结构的优化可以在模具制造前和模具制造后的试模阶段进行。计算机分析并非用于某单独的点面，而主要应该针对制品的几何形状（装配关系）和模具的总体构想（结构方案）来实施。

注射各环节计算机分析应用见图 7。

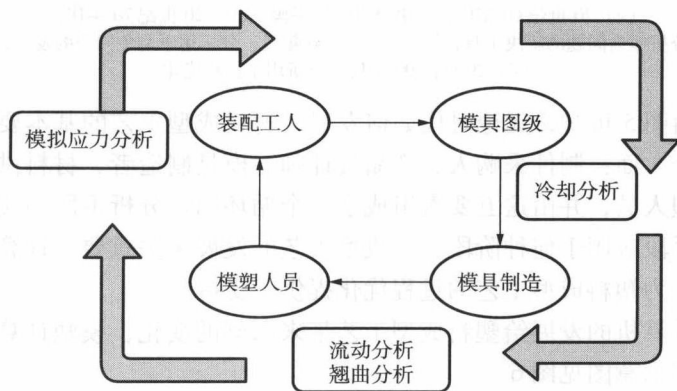


图 7 注射各环节计算机分析应用示意图

由图 7 可知，模塑过程计算机分析也可分别直接由制品装配者、模具设计人员和模塑生产者来实施。各类人员应用计算机分析的侧重点有所不同：制品装配人员侧重于制品结构和应力分析；模具设计制造人员侧重于浇注系统和冷却系统分析；而模塑人员则侧重于模塑工艺参数的分析。

在注射成型中，如果没有计算机的应用，就不可能有多级注射工艺技术，而这一新技术给制品的改善开辟了广阔的前景。计算机装配过程中能模拟应力分析，制品在模具的冷却过程中能模拟冷却分析，在熔料进入模腔时能进行流动分析，等等。软件如 MoldFlow 模拟塑料熔体在模具中的流动、保压、冷却过程，对可能产生的成