



教育部 高职高专 规划教材

# 塑料注射成型

● 戴伟民 主编

0.66

化学工业出版社  
材料出版中心

Chemical Industry Press

教育部高职高专规划教材

# 塑料注射成型

戴伟民 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料注射成型/戴伟民主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-6404-7

I. 塑… II. 戴… III. 注塑-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 127027 号

---

教育部高职高专规划教材

**塑料注射成型**

戴伟民 主编

责任编辑: 于 卉

文字编辑: 彭喜英

责任校对: 李 林 靳 荣

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社

教材出版中心 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

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$  字数 304 千字

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6404-7/G · 1631

定 价: 21.00 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

# 高职高专高分子材料加工专业规划教材 编审委员会

顾问 陶国良

主任委员 王荣成

副主任委员 陈滨楠 陈炳和 金万祥 冉新成 王慧桂 杨宗伟  
周大农

委员 (按姓氏汉语拼音排序)

卜建新	蔡广新	陈健	陈改荣	陈华堂	陈庆文
丛后罗	戴伟民	邱九生	付建伟	高朝祥	郭建民
侯文顺	侯亚合	胡芳	孔萍	李光荣	李建钢
李跃文	刘巨源	刘青山	刘琼琼	刘少波	刘希春
罗成杰	罗承友	麻丽华	聂恒凯	潘文群	潘玉琴
庞思勤	戚亚光	桑永	王颖	王国志	王红春
王加龙	王玫瑰	王艳秋	王玉溪	王祖俊	翁国文
吴清鹤	肖由炜	谢晖	徐应林	薛叙明	严义章
杨印安	杨中文	张芳	张金兴	张晚黎	张岩梅
张裕玲	张治平	赵继永	郑家房	郑式光	周健
周四六	朱雯	朱卫华	朱信明	邹一明	

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

本书是教育部高职高专规划教材，是按照教育部对高职高专人才培养工作的指导思想，广泛汲取近几年高职高专教育成功经验的基础上编写的，是高分子材料加工专业必备的专业教材之一。

本书在编写过程中，注意贯彻“基础理论教学要以应用为目的，以必需、够用为度，以掌握概念、强化应用、培养技能为教学的重点”的原则，突出应用能力和综合素质的培养，反映高职高专特色。内容紧密联系生产实际，主要适用于高职高专学生，也可供相关专业工程技术人员参考。

本书由常州轻工职业技术学院戴伟民主编，无锡市松元塑料厂高级工程师陈庆生主审。编写分工如下：第一章、第四章由常州轻工职业技术学院戴伟民编写；第二章由江汉石油学院高职部王红春编写；第三章由常州轻工职业技术学院卜建新编写。

在本书编写过程中，得到陶国良教授及有关高职高专学院多位同仁的支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请使用本书的广大读者批评指正。

编 者  
2004年9月

## 内 容 提 要

本书包括注射成型过程中所涉及的注射成型机、注射成型模具和注射成型工艺三部分内容。主要介绍常用注射成型机的注射成型系统、合模系统和控制系统，注射成型机的安装、调试及安全生产；注射成型模的组成以及成型零件、浇注系统、合模导向机构、脱模机构、侧向分型抽芯机构、温度调节系统等的设计；介绍注射成型工艺过程及工艺条件分析、常用热塑性塑料的注射成型、注射成型制品的质量分析与管理、典型制品的注射成型工艺等。

本书内容密切联系生产实际，适合高职高专高分子材料加工专业的师生使用，也可供相关专业工程技术人员参考。

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 塑料制品生产</b> .....	1
一、塑料 .....	1
二、塑料的组成和分类 .....	1
三、塑料的性能 .....	2
四、塑料制品生产 .....	2
<b>第二节 注射成型技术进展</b> .....	3
一、注射成型机 .....	3
二、注射成型模具 .....	4
三、注射成型技术 .....	4
<b>第三节 本书的主要内容和学习要求</b> .....	7
一、主要内容 .....	7
二、学习要求 .....	7
<b>复习思考题</b> .....	7
<b>第二章 注射成型机</b> .....	8
<b>第一节 概述</b> .....	8
一、注射成型机的结构组成 .....	8
二、注射成型机的分类 .....	9
三、注射成型机的操作方式 .....	11
四、注射成型机的规格表示 .....	11
<b>第二节 注射成型机的主要技术参数</b> .....	13
一、注射系统的基本参数 .....	13
二、合模系统的基本参数 .....	16
<b>第三节 注射成型机的注射系统</b> .....	19
一、柱塞式注射系统 .....	19
二、螺杆式注射系统 .....	20
三、注射成型机的塑化装置 .....	21
四、注射螺杆传动装置 .....	29
五、注射座及其转动装置 .....	30
<b>第四节 注射成型机的合模系统</b> .....	31
一、对合模系统的要求 .....	31
二、机械式合模系统 .....	32
三、液压式合模系统 .....	32



四、液压-机械式合模装置 .....	35
五、合模装置的比较 .....	37
六、调模装置 .....	38
七、顶出装置 .....	39
第五节 注射成型机液压与电气控制系统 .....	40
一、注射成型机液压控制系统 .....	41
二、注射成型机电气控制系统 .....	46
第六节 注射成型机的辅助系统 .....	51
一、供料系统 .....	51
二、干燥系统 .....	51
三、机械手的应用 .....	52
第七节 注射成型机的安装、调试 .....	52
一、注射成型机的安装 .....	52
二、注射成型机的调试 .....	53
第八节 注射成型机操作与安全生产 .....	56
一、注射成型机的操作规程 .....	56
二、生产中的安全与保护措施 .....	58
三、注射成型机的维护与保养 .....	59
第九节 专用注射成型机简介 .....	65
一、热固性塑料注射成型机 .....	65
二、精密注射成型机 .....	66
三、多色注射成型机 .....	67
四、发泡注射成型机 .....	68
五、注射吹塑成型机 .....	70
六、注射-拉伸-吹塑成型机 .....	70
七、气辅注射成型机 .....	71
复习思考题 .....	73
<b>第三章 注射成型模具</b> .....	<b>75</b>
第一节 注射模的基本结构 .....	75
一、单分型面注射模 .....	75
二、双分型面注射模 .....	75
三、带侧向分型抽芯机构的注射模 .....	77
第二节 注射机的选择和校核 .....	78
一、注射机的基本参数 .....	78
二、注射机基本参数的校核 .....	78
第三节 成型零件设计 .....	79
一、型腔分型面的设计 .....	79
二、成型零件的结构设计 .....	80
三、成型零件工作尺寸的计算 .....	82
第四节 浇注系统设计 .....	87

一、主流道的设计 .....	87
二、冷料穴的设计 .....	88
三、分流道设计 .....	88
四、浇口的设计 .....	89
五、排气系统设计 .....	92
第五节 合模导向机构设计 .....	92
第六节 脱模机构设计 .....	95
一、概述 .....	95
二、一次脱模机构 .....	96
三、顺序分型机构 .....	99
第七节 侧向分型抽芯机构 .....	100
一、概述 .....	100
二、机动侧向分型抽芯机构 .....	101
三、液压侧向分型抽芯机构 .....	110
四、手动侧向分型抽芯机构 .....	110
第八节 温度调节系统设计 .....	111
一、概述 .....	111
二、冷却系统的设计原则 .....	112
三、冷却系统的结构 .....	112
复习思考题 .....	114
<b>第四章 注射成型工艺</b> .....	<b>116</b>
第一节 注射成型过程 .....	116
一、成型前的准备工作 .....	116
二、注射成型过程 .....	120
三、制品的后处理 .....	123
第二节 注射成型工艺参数分析 .....	124
一、温度 .....	124
二、压力 .....	126
三、时间（成型周期） .....	128
四、其他工艺参数 .....	129
第三节 多级注射成型工艺 .....	130
一、多级注射成型工艺分析 .....	130
二、多级注射成型工艺特性 .....	131
第四节 常用热塑性塑料的注射成型 .....	133
一、热塑性塑料的注射成型特点 .....	133
二、常用热塑性塑料的注射成型 .....	134
三、常用热塑性塑料的注射成型工艺参数 .....	150
第五节 特种注射成型工艺 .....	150
一、精密注射成型 .....	150
二、气体辅助注射成型（GAM） .....	153

三、排气注射成型.....	155
四、共注射成型.....	156
五、流动注射成型.....	158
六、反应注射成型 (RIM) .....	160
七、热固性塑料注射成型.....	162
第六节 注射成型制品的质量分析.....	165
一、内应力.....	166
二、收缩性.....	167
三、熔接强度.....	169
四、注射成型制品的表面缺陷与处理.....	169
第七节 质量管理及工艺卡制定.....	175
一、注射成型制品的质量检验.....	175
二、技术质量工作规程.....	179
三、注射成型工艺卡的制定.....	180
第八节 典型制品注射成型工艺.....	180
一、RPVC 水管件的注射成型工艺.....	180
二、啤酒箱注射成型工艺.....	185
三、塑料箱包注射成型工艺.....	186
四、接线座注射成型工艺.....	187
五、透明调味瓶的注射成型工艺.....	188
复习思考题.....	188
参考文献.....	190

# 绪 论

### 学习目的与要求

1. 掌握塑料的概念、塑料的组成和分类、塑料的性能及塑料制品生产；
2. 了解注射成型技术进展。

## 第一节 塑料制品生产

### 一、塑料

塑料是以合成树脂或天然树脂经化学改性后的产物为主要原料，适当加入添加剂（如填料、增塑剂、稳定剂、着色剂、抗氧剂、润滑剂等），在一定温度和压力下能成型成各种制品的可塑性材料，其弹性模量通常介于同类树脂制成的纤维与橡胶之间。

塑料是 20 世纪才发展起来的一大类新材料。由于其品种多、性能优、适应性广、加工方便等，因此发展迅速。到 20 世纪 90 年代，塑料的体积年产量已赶上钢铁，现已广泛用于国民经济的各个领域，成为人类社会中不可缺少的材料。

### 二、塑料的组成和分类

塑料的主要成分是树脂，约占塑料总量的 40%~100%，塑料的基本性能主要取决于树脂。

塑料的分类方法很多，最常用的是按树脂的受热特性和塑料的用途分类。

#### 1. 按树脂受热特性分类

按加热冷却时树脂呈现的特性，塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料的特征是在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化。常用的热塑性塑料有聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚氯乙烯 (PVC)、聚甲醛 (POM)、聚酰胺 (PA)、聚碳酸酯 (PC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETP) 等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料受热后成为不熔不溶的物质，再次受热不再具有可塑性。常用的热固性塑料有酚醛树脂 (PF)、环氧树脂 (EP)、氨基树脂、醇酸树脂和不饱和聚酯

(UP)等。

## 2. 按塑料用途分类

按塑料用途分为通用塑料、通用工程塑料、特种工程塑料和功能塑料等。

(1) 通用塑料 通常指产量大、用量大、价格低廉、性能一般、主要用于制造日用品的塑料。常用通用塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等。

(2) 通用工程塑料 一般指产量大、机械强度高、可代替金属用作工程结构材料的塑料，这类塑料包括聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚 (PPO)、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBTP) 及其改性产品等。

(3) 特种工程塑料 (高性能工程塑料) 一般指产量小、价格昂贵、耐高温、可作结构材料的塑料。如聚砜 (PSF)、聚酰亚胺 (PI)、聚苯硫醚 (PPS)、聚醚砜 (PES)、聚芳酯 (PAR) 等。

(4) 功能塑料 一般指具有特种功能 (如耐辐射、超导电、导磁、感光等) 的塑料，包括氟塑料、有机硅塑料等。

## 三、塑料的性能

塑料除原料来源丰富、品种繁多、制造方便、色泽鲜艳和成型简单等特点外，还具有许多独特的优良性能，如质轻、比强度高，耐腐蚀性好，绝缘性好，优良的消声和减震性能，良好的透明、透光性，成型性好，价格便宜等。

塑料的主要缺点是机械强度和耐热性较低，导热性差，热收缩率大，大部分易燃烧，在光、热、空气、化学介质以及机械等作用下易发生老化现象等。

## 四、塑料制品生产

塑料制品生产的目的是充分发挥塑料的固有特性，利用各种成型方法，使其成为具有一定形状和使用价值的制件或型材。

塑料制品的生产主要由原料准备、成型、机械加工、修饰和装配等连续生产过程所组成。

原料准备是指根据制品的使用性能要求和加工方法选择合适的树脂及助剂的过程，必要时还要进行配料和预处理 (包括预压、预热和干燥等) 操作。成型是将各种形态的塑料 (如粉料、粒料、溶液或分散体等) 制成所需形状的制品或坯件的过程，它是生产塑料制品的必经过程。塑料成型方法很多，如模塑、层压和压延等。塑料制品生产的其他过程，通常要根据制品的要求进行取舍。机械加工是指在成型后的工件上进行钻孔、切螺纹、车削或铣削等，完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作。修饰的目的是为美化制品外观或改变制品表面性能，如对制品表面进行磨削、抛光、增亮、涂层和镀金属等。装配是将已成型的各个部件连接或配套成为一个完整制品的过程。后三种过程有时称为二次加工。

塑料制品的模塑成型方法主要有注射成型、挤出成型、压缩模塑和传递模塑等，本书主要介绍塑料注射成型。

## 第二节 注射成型技术进展

注射成型亦称注塑或注射模塑,是使热塑性或热固性塑料先在料筒中均匀塑化,然后由柱塞或移动螺杆推挤到闭合模具型腔中成型的一种方法。它的主要特点是能在较短的时间内一次成型出形状复杂、尺寸精度高和带有金属嵌件的制品,并且生产效率高、适应性强、易实现自动化等,因而被广泛用于塑料制品的生产中。目前,注射成型制品产量已接近塑料制品产量的1/3,制品生产所用的注射成型机台数约占塑料制品成型设备总台数的1/4。随着注射成型工艺、理论和设备的研究进展,注射成型已应用于部分热固性塑料、泡沫塑料、多色塑料、复合塑料及增强塑料的成型中。

近年来,注射成型技术发展迅猛,新的设备、模具和工艺层出不穷,其目的是为了最大限度地发挥塑料特性,提高塑料制品性能,以满足塑料制品向高度集成化、高度精密化、高产量等方面的发展要求,从而实现对塑料材料的聚集态、相态等方面的控制。下面简要介绍注射成型技术进展。

### 一、注射成型机

新型注射成型机品种有电动式注射成型机、预柱塞式注射成型机、微型注射成型机、注射压缩成型机、无拉杆注射成型机和各种专用注射成型机等。

#### 1. 电动式注射成型机

电动式注射成型机具有节能、低噪、高重复精度、维修方便、可靠性高等优点,符合近年来国际注塑机发展的趋势。与液压式注射成型机相比,电动式注射成型机有如下优点。

① 节能。电动式注射成型机的电力消耗仅为液压式的1/3左右。

② 无污染。由于不使用操作油,电动式注射成型机不需要冷却操作油的设备,节省了资源,无漏油、漏水现象,可以保持工作场地的清洁。

③ 易于控制。电动式注射成型机的可控性好,所以稳定性高,即控制精度高。

④ 成型周期短。各动作相对独立,可以利用伺服电机进行最佳化的开闭模控制,缩短了成型周期。

⑤ 噪声低。由于没有油压惯性的影响,噪声低。

缺点是价格相对较高;要求环境清洁,以保证控制电路、电机等的正常运转。

#### 2. 预柱塞式注射成型机

预柱塞式注射成型机是指以使熔融树脂的PVT特性稳定为目的,在结构上将塑化部分和注射柱塞部分分开的注射成型机。

其特点是塑化计量机构和注射机构是分开的,树脂的均匀熔融性能比往复式螺杆型优越;往复式螺杆的逆流防止阀的动作是不能控制的,这是造成成型误差的主要原因,而预柱塞式注射成型机具有可控制逆流的优点;其注射柱塞直径可以任意设计,小的直径可以对应超小制品的精密成型。

#### 3. 微型成型机

微型成型机是加工外形尺寸在1mm以下、质量在0.0005g(0.5mg)以下、具有必需精密度的微型结构零部件的设备。微型成型采用模具表而瞬时加热和型腔内脱气技术进行成型,模具表而而加热采用介电加热,微型结构件的材料可以是塑料、金属和陶瓷等,产品主要

有医疗用的微型机械零部件和钟表齿轮等。

#### 4. 注射压缩成型机

注射压缩成型是在将熔融树脂充模的过程中进行压缩以降低注射成型中产生的分子取向，减少制品变形的成型方法。具体的过程是首先将模具打开一定量，大小即为压缩行程量，再将熔融树脂注入模具型腔，在注射工序的时间内开始进一步合模，最终通过锁模力将尚未固化的型腔中的树脂压缩，制得制品。

特点是可以实现小的锁模力、低注射压力的薄壁成型；成型制品内部的内应力减小，应变也小；成型制品的花纹清晰度提高；由于塑料熔体在模具内的流动阻力小，可进行带有表皮制品的整体成型。

#### 5. 无拉杆注射成型机

无拉杆注射成型机是一种无动定模板间拉杆的注射成型机。由于其可以有效利用模板面积、便于更换模具和安装模具辅助部件，也便于配置机械手等，因此获得较快增长。

#### 6. 专用成型机

近年来，光盘专用成型机、塑料卡专用成型机、特殊接插件专用成型机、磁性塑料专用成型机、镁合金专用成型机、金属粉末专用成型机等特殊材料和制品的专用成型机及其技术的开发取得了较大的进展。

## 二、注射成型模具

热流道模具也称无流道模具，是指不产生浇注系统凝料（料杆）的流道系统的模具。因可以省去浇口凝料切除工序，可提高生产效率，也省去了料杆的回收，可节省工时和能源，因而受到用户的欢迎。

热流道模具的优点除了节省材料和能量外，还可加快成型周期、降低注射压力和锁模压力、减少废品率和降低制品质量。

发挥热流道模具效果的关键是设计好热流道。首先，喷嘴应该消除静态树脂熔体，因为静态树脂熔体会发生热降解而影响熔体质量；其次，喷嘴的设计要使塑料每次都能被完全推出，换色只要3次即可完成；再次，喷嘴使用铍-铜合金芯和标准加热器，对玻璃纤维增强的材料，喷嘴内部使用导热硬质合金。另外，由于浇口通常通过顶部定位，锁紧螺母固定，可以更换，因此，在生产中只要更换浇口套，即可改变浇口，而不必调换整个喷嘴。

目前，全世界热流道注射成型模的实际使用量约占全部注射成型模消费量的30%左右，而在亚洲只有10%左右，中国不足5%。

## 三、注射成型技术

### 1. 超高速注射成型

超高速注射成型是指树脂充模时螺杆前进速度为500~1000mm/s的注射成型技术。用于超高速充模注射成型的注射成型机称为超高速充模注射成型机，主要用于薄壁塑料制品（如IC卡等）的成型。其成型机理是机构要保证将熔融树脂瞬间充填到型腔内。

超高速充模注射成型技术的优点有如下几个方面。

① 由于是在极高剪切速率下流动，故材料因受高剪切发热而使黏度降低，另外，在超高速下，材料与模具中流道的低温壁而接触固化时通常会形成一个较薄的皮层，使材料保持较高温度而使黏度较低。

② 因为是低黏度下的流动，成型制品各部分承受的成型压力较均匀，温度梯度较小，故制品的翘曲、扭曲等变形较小。

③ 制品表面的流纹（流痕）和熔合线没有普通成型制品的明显。

超高速充模注射成型技术最大的目标，是超薄壁成型。成型时的关键是使用材料的成型性（即流动性和固化速度）、模具设计（特别是如何确保排气）。

## 2. 气体辅助注射成型

气体辅助注射成型的目的就是防止和消除制品表面产生缩痕和收缩翘曲，提高表面特性，使制品表面光滑。气体辅助注射成型的工作过程可分为四个阶段：第一阶段为熔体注射，即将熔融的塑料熔体注射到模具型腔中，它可分为“欠料注射”和“全料注射”；第二阶段为气体注射，可于注射期的前、中、后期注入气体，气体的压力必须大于塑料熔体的压力以达到使塑件成中空状态；第三阶段为气体保压，当塑件内部被气体充填后，制品在保持气压的情况下冷却，在冷却过程中，气体由内向外施压，使制品外表面紧贴模壁，并通过气体二次穿透从内部补充因冷却带来的体积收缩；第四阶段为制品脱模，随着冷却周期的完成，排出气体，塑件由模腔取出。

气体辅助成型的塑料制品大致可分为三类：管形和棒形制品如衣服架、扶手、椅背、刷棒、方向盘，主要是利用气体穿透形成气道来节省材料和缩短成型周期；板状制品如汽车仪表盘、办公家具，主要是减小翘曲变形和对注射成型机的吨位要求以及提高制品的刚性、强度和表面质量；厚薄不均的复杂制品如家电外壳、汽车部件可通过一次成型简化工艺。

## 3. 电磁式聚合物动态塑化注射成型

电磁式聚合物动态塑化注射成型的要点是在电磁式直线脉冲驱动的注射装置中，由电磁场产生的机械振动力场被引入物料的塑化、注射、保压全过程，实现了动态塑化注射成型，全过程均处于周期性振动状态，这种过程完全不同于传统螺杆-线式塑化注射成型过程。

螺杆在电磁式直线脉动驱动装置的作用下向前直线脉动位移，将熔体注入模腔，熔体的压力将随螺杆的脉动而周期性变化，这种作用同样使熔体黏度及弹性降低，流动阻力减小，加速了充模过程。模腔充满熔体后，螺杆继续作轴向脉动，保持模腔中物料压力周期性变化，使物料的温度、内应力得到均化，同时使冷却缩孔能得到快速补充熔料，保压时间可缩短。如果选用与无振动力场的稳态充模保压过程相同的熔体流动阻力，则熔体温度及模腔温度可以降低，制品质量可以提高，解决了传统注射成型技术中注射温度高、成型制品所需冷却时间长的问题。

## 4. 微孔泡沫塑料注射成型

塑料发泡成型可减轻制品质量，且制品具有缓冲、隔热效果，广泛应用在日用品、工业部件、建材等领域。传统的发泡成型通常使用特定的卤代烷烃、有机化合物以及卤代烷烃的替代品作为发泡剂。微孔泡沫塑料注射成型是在超临界状态下利用  $\text{CO}_2$  及  $\text{N}_2$  进行微孔泡沫塑料成型的技术，目前已进入实用化阶段。微孔泡沫塑料注射成型已可生产壁厚为 0.5mm 的薄壁大部件及尺寸精度要求高的、形状复杂的小部件。它推翻了长期认为发泡成型只能完成厚壁制品的生产的观点。与传统的发泡成型形成的最小孔径为  $250\mu\text{m}$  的不均匀的微孔相比，现在的工艺形成的微孔大小均匀，孔径在  $5\sim 50\mu\text{m}$ ，这样的微孔结构也赋予产品比传统方法制备的制品更高的机械性能和更低的密度。在力学性能不损失的情况下，质量可降低 10%，而且可减少制品的翘曲、收缩及内应力。微孔泡沫塑料注射成型可加工多种聚合物，如 PP、PS、PBT、PA 及 PEEK 等。



微孔泡沫塑料注射成型的过程包括 3 个阶段：树脂在料筒中熔融塑化阶段；超临界气体注入、混合和扩散阶段；注射阶段和发泡阶段。

微孔泡沫塑料注射成型的特点如下。

① 提高了树脂的流动性。与超临界状态的  $\text{CO}_2$  或  $\text{N}_2$  混合后，树脂的表观黏度降低，加入 5% 的  $\text{CO}_2$ ，熔体表现黏度可减半，树脂的流动性明显提高。其结果是注射压力减小，锁模力也减小。此外，由于流动性的改善，可以在较低的熔料温度和低的模具温度下成型。注射压力可减少 30%~60%，锁模力可降低 70%，甚至可采用铝制模具。

② 缩短成型周期。这是因为微孔泡沫塑料注射成型没有保压阶段；树脂用量比未发泡的少，总热量减少；模具内的气体从超临界状态转成气相进行发泡，模具内部得到冷却；树脂的流动性得到改善，成型温度降低，一般成型周期可缩短 20%。

③ 减少制品质量，制品无缩孔、凹斑及翘曲。该技术最多可使制品质量减少 50%，一般为 5%~30%。

#### 5. 挤出和注射成型组合的直接成型技术

挤出和注射成型组合的直接成型技术可将聚合物粉料与磁性粉、无机颜料、玻璃纤维等通过双螺杆挤出机混合后直接注射成型。其突出优点是可以更加灵活地调节复合物的配方，省去了造粒、包装、干燥等工序，大幅度地降低了设备费用和减少了生产时间，从而降低了成品的成本。

该技术可适用于多种材料的成型，即可为单个的聚合物，如 ABS、AS、EVA、PA、PC、PE、PET、PBT、POM、PP、PS、PMMA、LCP 等；也可为复合材料，如聚合物与玻璃纤维 (GF)、 $\text{CaCO}_3$ 、云母、滑石粉、硅石、颜料、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的混合物；还可为聚合物合金，如 PA/HDPE、PBT/PET 及 PC/ABS 合金等。

#### 6. 薄壁注射成型

所谓薄壁成型是指在 0.5mm 以下的平板形状，连续或局部地方要求在 0.1mm 以下的制品成型。其成型方法有如下几种。

(1) 高速高压注射成型 使用最大注射速率为 600~1000mm/s、注射应答时间为 10~50ms 规格的注射成型机，在极短时间内，用高压克服充模阻力，充满型腔的成型方法。

该注射成型机的特点是：为提高注射立即应答性能，须进行油压、电器控制技术的开发和降低注射单元的质量；为抑制充模结束时点控制的差异，制动特性和控制处理速度要求高速化；耐高的注射压力，要求刚性高的锁模机构和刚性高、精度高的模具；为实现稳定成型条件下的均匀塑化，要使用高混炼型的螺杆。

(2) 高速低压成型 充模开始时用高速注射，目的在于增加流动长度，同时，结合充模结束前充模阻力的增加，自动地降低注射速率，防止充模结束时的过充模和因控制切换造成的误差的成型方法。

该成型方法的油压控制特征是非常好地将“流量-压力”特性用于成型，将原来的充模过程中的速率优先控制的原则改为“压力充模优先”的原则的成型方法。

该注射成型机的特点是：注射速率和注射压力从大范围的组合中选择，使注射油缸的油压室可以切换，这样，即使在低压设定时，也能获得高速注射性能；为实现高速性能，使用蓄料缸；注射油缸油压室的切换，分成 5~7 段，可以从中进行选择。

采用该成型方法的优点是：消除了飞边、缺料，特别是对像连接器那样的前端有薄壁部分的成型制品非常有效；可消除翘曲、扭曲等缺陷；因为不发生注射终结时的峰压，不会发