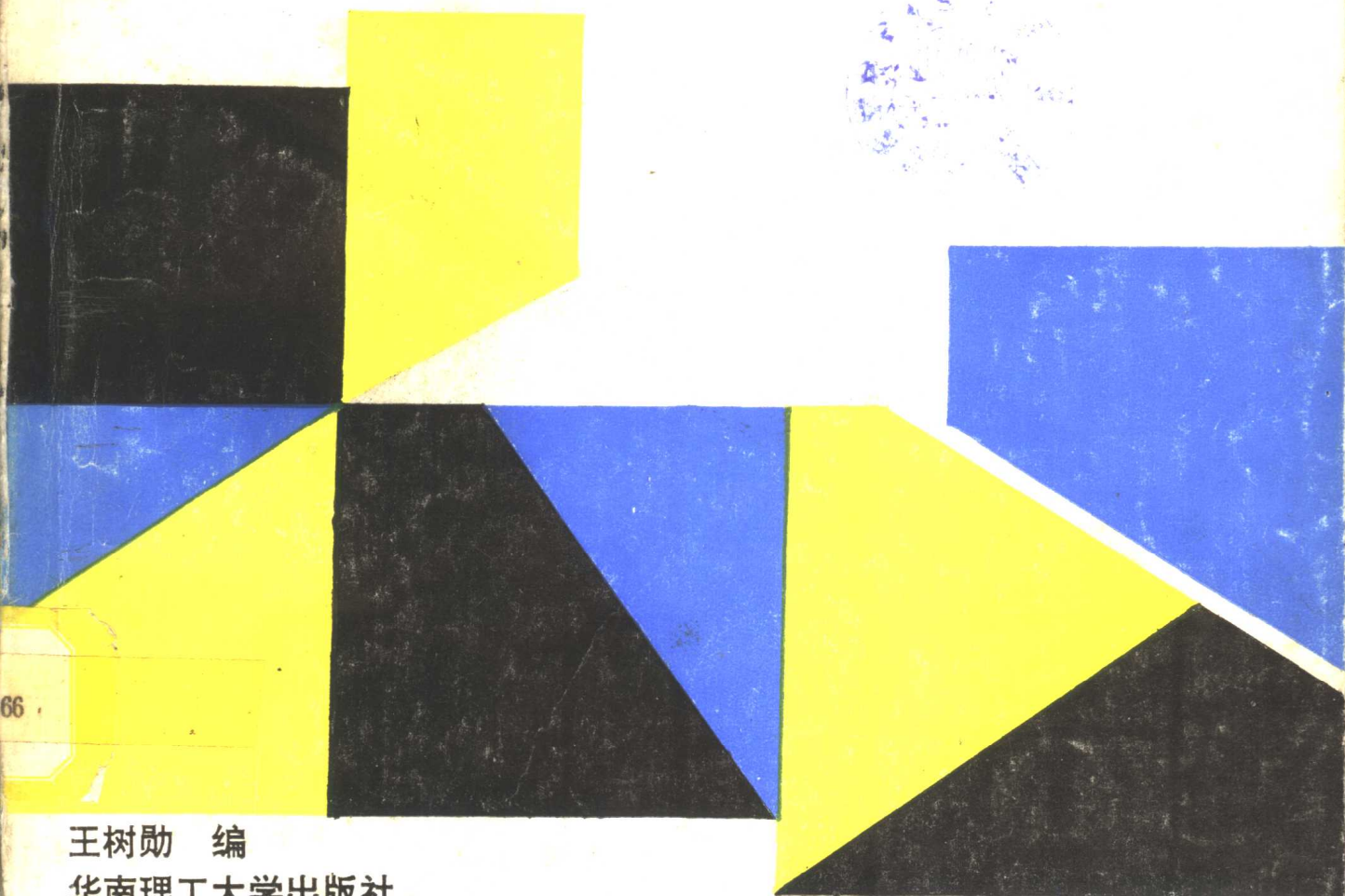
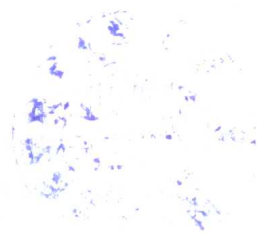


# 注塑模具设计与 制造实用技术

979962



66

王树勋 编  
华南理工大学出版社

# 注塑模具设计与制造实用技术

王 树 勋 编

华南理工大学出版社

与平

司中

推杆

n;复

## 内 容 简 介

本书着重全面地、详细地论述注塑模具设计过程中的总体构思及具体动作机构的设计,如模具的结构形式和零部件、分型面与浇注系统、抽芯机构、顶出机构等。同时对于模具材料热处理及生产加工方法都作了详细的介绍。对设计注塑模具所必须了解的方面,如注塑成型原理和工艺、常用热塑性塑料特性及应用、注塑成型设备等也作了一定的介绍。本书还精选了部分注塑模具典型结构示例,以供学习者实践分析。

本书适用于塑料模具厂的设计人员、技术工人、注塑厂的模具维修人员,可作为注塑模具培训班教材,亦可供大专院校有关专业师生、研究人员参考。

## 注塑模具设计与制造实用技术

王树勋 编

责任编辑 李彩英

封面设计 郭 凤

华南理工大学出版社出版发行

广州华粤公司科技图书经销部电脑排版

湖南衡阳印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.25 字数: 500千字

1993年9月第1版第1次印刷 印数: 1—5000册

ISBN 7-5623-0493-9/TQ·22

定价: 15.00元

## 前 言

随着改革开放的深入发展,许多外商在经济特区、沿海城市以及内地投资建厂。其中一部分是注塑厂及注塑模具厂,其注塑产品除了传统的机器零件如齿轮、螺帽、轴承、密封环、手柄、阀件、汽车零件等外,更多的产品是代表现代文明、体现现代生活的各种最新电气产品外壳、各种想象力丰富的儿童玩具等。这种如雨后春笋般发展的注塑模具厂,要设计制造出五花八门、日益更新的注塑模具,就必须拥有一批头脑精明的设计人员、技艺精湛的技术工人。南方各大报刊连篇累牍刊登的招聘模具设计师、模具技师及技术工人的大幅广告就是印证之一。

作者曾经在深圳某大合资模具公司任职,根据现场的亲身体验,综合各方面资料,编写了这本专著。内容除了详细地论述注塑模具的总体设计和具体机构设计外,还对其它与模具设计有关联的部分作了一般性的介绍,以便读者对整个注塑成型过程有一个全面具体地了解。本书的读者对象是注塑模具厂的设计人员、技术工人和注塑厂的模具维修人员。在特区、沿海城市各模具厂的员工,选读此书后,将使您站稳脚跟,继续发达;欲来特区、沿海城市模具厂求职的内地人员,选读此书后,将使您获得百分之百的成功。

本书在编写出版过程中,得到了广州金嘉技术工程有限公司的大力支持,董事长张锡恩、总经理张翼鹏、工程师张鸣、陈岳、伍畅、叶子平、陈昱、陈军都给出了热情的帮助,作者在此致以衷心的感谢!

由于作者学识水平有限,成书仓促,书中难免存在一些不足和错误,还望读者勿吝指正。

作 者

一九九三年七月于羊城

# 目 录

<b>第一章 注塑成型原理和工艺</b> .....	(1)
<b>第一节 注塑成型原理</b> .....	(1)
一、柱塞式注射机的注塑 .....	(1)
二、螺杆式注射机的注塑 .....	(1)
<b>第二节 注塑工艺过程</b> .....	(3)
一、注射成型前的准备 .....	(3)
二、注射过程 .....	(4)
三、塑料制品的后处理 .....	(6)
<b>第三节 塑料制品的工艺性</b> .....	(10)
一、塑料制品的尺寸、公差和表面质量 .....	(10)
二、塑料制品的几何形状.....	(11)
三、塑料制品的螺纹和齿轮.....	(19)
四、带嵌件塑料制品的设计 .....	(21)
五、塑料制品工艺性分析实例.....	(24)
<b>第二章 常用热塑性塑料特性及应用</b> .....	(28)
一、聚氯乙烯(PVC) .....	(28)
二、聚苯乙烯(PS) .....	(29)
三、聚乙烯(PE) .....	(30)
四、聚丙烯(PP) .....	(30)
五、聚酰胺——尼龙(PA) .....	(31)
六、聚甲醛(POM).....	(31)
七、聚碳酸酯(PC) .....	(32)
八、ABS 塑料.....	(33)
九、聚砜(PSF) .....	(33)
十、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA) .....	(34)
十一、氟塑料.....	(34)
十二、聚酯树脂.....	(35)
<b>第三章 注塑成型设备</b> .....	(36)
<b>第一节 注塑成型机的分类</b> .....	(36)
一、立式注射机.....	(36)
二、卧式注射机.....	(36)

三、直角式注射机.....	(36)
第二节 常用注射成型机技术规格 .....	(37)
第三节 注射成型机与注射模具的关系 .....	(38)
一、国产注射成型机合模部分的基本参数.....	(38)
二、注射机有关工艺参数的校核.....	(40)
<b>第四章 注射模具的结构形式和零部件设计 .....</b>	<b>(48)</b>
第一节 注射模具的结构形式 .....	(48)
一、注射模具的特点.....	(48)
二、注射模具的结构形式.....	(48)
三、注射模具的零件分类.....	(51)
第二节 成型零件的设计 .....	(52)
一、凹模的结构设计.....	(52)
二、型芯的结构设计.....	(56)
三、螺纹型芯和螺纹型环的结构设计.....	(61)
四、塑料齿轮型腔.....	(64)
五、成型零件尺寸的计算.....	(64)
六、螺纹型芯和螺纹型环尺寸的计算.....	(71)
七、型腔壁厚的刚度和强度计算.....	(73)
第三节 结构零件的设计 .....	(79)
一、导向零件的设计.....	(79)
二、支承零件的设计.....	(84)
第四节 加热和冷却装置的设计 .....	(89)
一、加热装置的设计.....	(89)
二、冷却装置的设计.....	(91)
<b>第五章 分型面的选择与浇注系统的设计 .....</b>	<b>(96)</b>
第一节 分型面的选择 .....	(96)
一、分型面的形状.....	(96)
二、分型面选择的要点.....	(96)
第二节 浇注系统的设计.....	(100)
一、概述 .....	(100)
二、浇注系统的设计 .....	(102)
三、浇口的形式及特点 .....	(108)
四、浇注系统位置的选择 .....	(112)
五、排气和引气系统的设计 .....	(117)
第三节 热塑性塑料的热流道.....	(118)
一、概述 .....	(118)
二、热流道注射模的常见结构及设计要点 .....	(118)

<b>第六章 抽芯机构的设计</b> .....	(126)
<b>第一节 概述</b> .....	(126)
一、抽芯机构的分类 .....	(126)
二、抽芯距及抽芯机构的工作原理 .....	(130)
三、抽拔力 .....	(131)
<b>第二节 斜导柱抽芯机构</b> .....	(131)
一、斜导柱、滑块、锁紧楔的设计 .....	(131)
二、斜导柱抽芯机构中的其它问题 .....	(144)
三、斜导柱抽芯机构的几种形式 .....	(145)
四、定距分型拉紧机构 .....	(151)
五、斜导柱复合抽芯机构 .....	(154)
<b>第三节 斜滑块抽芯机构</b> .....	(155)
一、斜滑块的导滑与组合形式 .....	(155)
二、斜滑块抽芯机构设计中的注意事项 .....	(157)
三、斜滑块抽芯的几种结构形式 .....	(159)
<b>第四节 齿轮齿条抽芯机构</b> .....	(161)
一、手动齿轮齿条抽芯机构 .....	(161)
二、机动齿轮齿条抽芯机构 .....	(162)
<b>第七章 顶出机构的设计</b> .....	(164)
<b>第一节 概述</b> .....	(164)
一、顶出机构的结构 .....	(164)
二、顶出机构的分类 .....	(164)
三、顶出机构的设计原则 .....	(166)
四、顶出力的计算 .....	(167)
<b>第二节 一级顶出机构</b> .....	(171)
一、顶杆顶出机构 .....	(171)
二、顶管顶出机构 .....	(177)
三、推板顶出机构 .....	(178)
四、顶块顶出机构 .....	(180)
五、气压顶出机构 .....	(180)
六、成型镶件和型腔顶出机构 .....	(182)
七、多元件联合顶出机构 .....	(182)
<b>第三节 二级顶出机构</b> .....	(182)
一、气动二级顶出机构 .....	(182)
二、单顶出板二级顶出机构 .....	(183)
三、双顶出板二级顶出机构 .....	(186)
<b>第四节 其它顶出机构</b> .....	(187)
一、点式浇口自动脱落 .....	(187)
二、定模顶出机构 .....	(190)

三、螺纹型芯和型环的顶出机构 .....	(191)
四、超高塑件顶出机构 .....	(200)
<b>第八章    热固性塑料注射模具</b> .....	(202)
一、热固性塑料注射模塑对塑料的要求 .....	(202)
二、热固性塑料注射模塑对注射机的要求 .....	(202)
三、热固性塑料注射模设计要点 .....	(203)
<b>第九章    注射模具的设计程序和典型结构示例</b> .....	(207)
第一节  注射模具的设计程序 .....	(207)
第二节  注射模具的典型结构示例 .....	(208)
一、热塑性塑料注射模 .....	(208)
二、热固性塑料注射模 .....	(223)
<b>第十章    塑料模具材料及其热处理</b> .....	(225)
第一节  塑料模具材料 .....	(225)
一、塑料模具用钢的基本要求 .....	(225)
二、塑料模具用钢的选择 .....	(225)
第二节  塑料模具的热处理 .....	(229)
一、塑料模具的热处理技术要求 .....	(229)
二、塑料模具的热处理工艺特点 .....	(230)
三、渗碳钢塑料模具的热处理 .....	(231)
四、高碳合金工具钢塑料模具的热处理 .....	(234)
五、碳工钢塑料模具的热处理 .....	(234)
六、热作模具钢塑料模具的热处理 .....	(235)
<b>第十一章  模具的一般加工方法</b> .....	(236)
第一节  模具的机械加工设备简介 .....	(236)
一、普通切削加工用机床 .....	(236)
二、精密切削加工用机床 .....	(238)
三、成形切削加工用机床 .....	(238)
四、普通磨削加工用机床 .....	(240)
五、精密磨削加工用机床 .....	(240)
六、成形磨削加工用机床 .....	(240)
第二节  电火花加工方法 .....	(241)
一、电火花加工的特点和用途 .....	(242)
二、电火花加工工艺 .....	(242)
第三节  电火花线切割加工方法 .....	(247)
一、电火花线切割加工的原理和特点 .....	(247)
二、数控线切割机床的程序编制 .....	(248)



第四节 其它加工方法.....	(251)
一、型腔冷挤压加工 .....	(251)
二、电解成形加工 .....	(252)
三、电解磨削加工 .....	(253)
<b>第十二章 塑料模具的装配.....</b>	<b>(254)</b>
第一节 塑料模具部件的装配.....	(254)
一、型芯与固定板的装配 .....	(254)
二、型腔凹模与动、定模板的装配.....	(257)
三、过盈配合零件的装配 .....	(259)
四、装配中的修磨 .....	(261)
五、导柱、导套的润孔与装配 .....	(261)
六、推杆的装配 .....	(264)
七、卸料板的装配 .....	(267)
八、滑块抽芯机构的装配 .....	(268)
第二节 注射模具装配实例.....	(271)
一、热固性塑料注射模装配实例 .....	(271)
二、热塑性塑料注射模装配实例 .....	(277)
<b>主要参考文献.....</b>	<b>(282)</b>

# 第一章 注塑成型原理和工艺

## 第一节 注塑成型原理

注塑又称为注射成型,是热塑性塑料制品生产的一种重要方法。除少数热塑性塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可以用注射成型方法生产塑料制品。注塑不仅用于热塑性塑料的成型,而且已经成功地应用于热固性塑料的成型。

注塑是通过注射机来实现的。注射机分为两大类,柱塞式注射机和螺杆式注射机。注射机的基本作用有两个:①加热熔融塑料,使其达到粘流状态;②对粘流的塑料施加高压,使其射入模具型腔。以下分别叙述两类注射机的注塑工作原理。

### 一、柱塞式注射机的注塑

柱塞式注射机的注塑工作原理如图 1-1 所示。首先由注射机合模机构带动模具的动模与定模闭合(图 b),然后注射机的柱塞将料斗中落入料筒的粒料或粉料推进到加热料筒中,同时,料筒中已经熔融成粘流状态的塑料,由于柱塞的高压高速推动,通过料筒端部喷嘴和模具的浇注系统而射入已经闭合的型腔中。充满型腔的熔体在受压情况下,经冷却固化而保持型腔所赋予的形状。最后,柱塞复位,料斗中的料落入料筒,合模机构带动动模部分打开模具,并由推件板将塑料制品推出模具(图 c),即完成一个注塑周期。以后周而复始不断重复上述动作,继续进行注射成型。

柱塞式注射机结构简单,但注射成型中存在如下问题:

(1)塑化不均匀 所谓塑化是指塑料在料筒内借助加热和机械功使其软化成具有良好可塑性的均匀熔体的过程。塑料在柱塞式注射机料筒中的移动只靠柱塞的推动,而几乎没有混合作用,因此塑料与料筒和分流梭接触的外层温度较高,由于塑料导热性差,所以外层塑料熔融时,内层尚未熔融,待到塑料内层熔融时,其外层可能长时间高温受热而降解,这对热敏性塑料更为突出。塑化不均匀,塑料制品内应力较大。

(2)注射压力损失大 柱塞式注射机名义注射压力虽然很高,但由于在注射时,柱塞相当部分的压力消耗于压实固体塑料和克服塑料与料筒内壁之间的摩擦阻力,所以传到型腔内的有效压力仅为原来的 30~50%左右。

(3)注射量的提高受到限制 因为注射机的一次最大注射量决定于料筒的塑化能力以及柱塞的直径和行程,而塑化能力又与塑料受热面积有关,要提高塑化能力,主要依靠加大料筒直径和长度,这样将使塑化更不均匀,塑料产生降解的可能性更大,故塑化能力提高受到限制。另外,柱塞式注射成型时,塑料流动状态也不理想,清理料筒也较困难。因此,柱塞式注射机的注射量不大,一般只在 60g 以下。

### 二、螺杆式注射机的注塑

为了克服柱塞式注射机注射成型存在的缺点,采用螺杆式注射机注射成型。目前移动螺杆式注射机在注射机中占有压倒优势的比例,其工作原理如图 1-2 所示。

首先是动模与定模闭合,接着油缸活塞带动螺杆按要求的压力和速度,将已经熔融并积存于料筒端部的塑料经喷嘴射入模具型腔中,此时螺杆不转动(图 a)。当熔融塑料充满模具型腔后,螺杆对熔体仍保持一定压力(即保压),以阻止塑料的倒流,并向型腔内补充因制品冷却收缩所需要的塑料(图 b)。经一定时间的保压后,活塞的压力消失,螺杆开始转动。此时由料斗落入料筒的塑料,随着螺杆的转动沿着螺杆向前输送。在塑料向料筒前端输送的过程中,塑料受加热器加热和螺杆剪切

摩擦热的影响而逐渐升温直至熔融成粘流状态,并建立起一定压力。当螺杆头部的熔体压力达到能够克服注射油缸活塞退回的阻力时,在螺杆转动的同时,逐步向后退回,料筒前端的熔体逐渐增多,当螺杆退到预定位置时,即停止转动和后退。以上过程称为预塑(图c)。

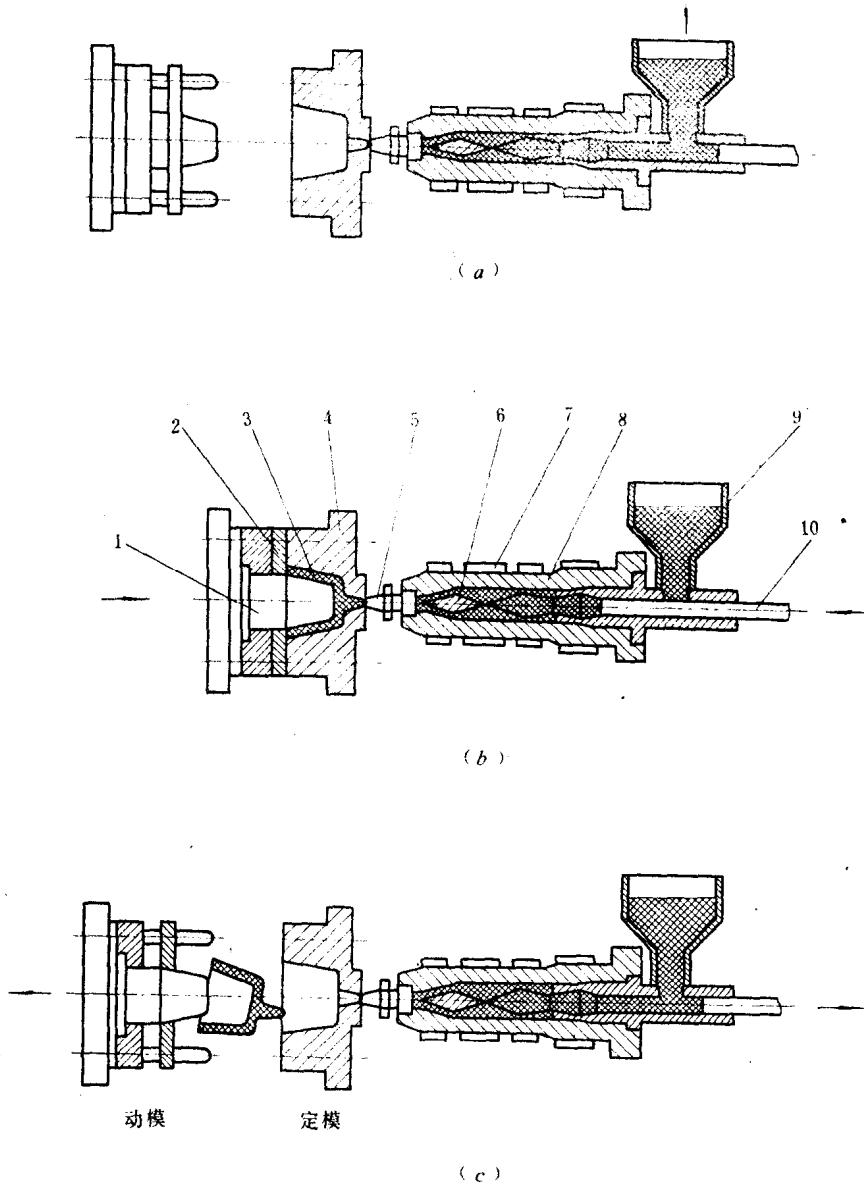


图 1-1 柱塞式注射机注塑原理图

- 1—型芯 2—推件板 3—塑料件 4—凹模 5—喷嘴 6—分流梭  
7—加热器 8—料筒 9—料斗 10—柱塞

在预塑过程或再稍长一些时间内,已成型的塑料件在模具内冷却硬化。当塑料件完全冷却硬化后,模具打开,在推出机构作用下,塑料制品被推出模具(图c),即完成一个工作循环。

与柱塞式注塑相比,螺杆式注射机注射成型可使塑料在料筒内得到良好的混合与塑化,改善了注塑工艺,提高了塑料制品质量。同时还扩大了注射成型塑料品种的范围和最大注射量,对于热敏性塑料和流动性差的塑料以及大、中型塑料制品,一般可用移动螺杆式注射机注射成型。

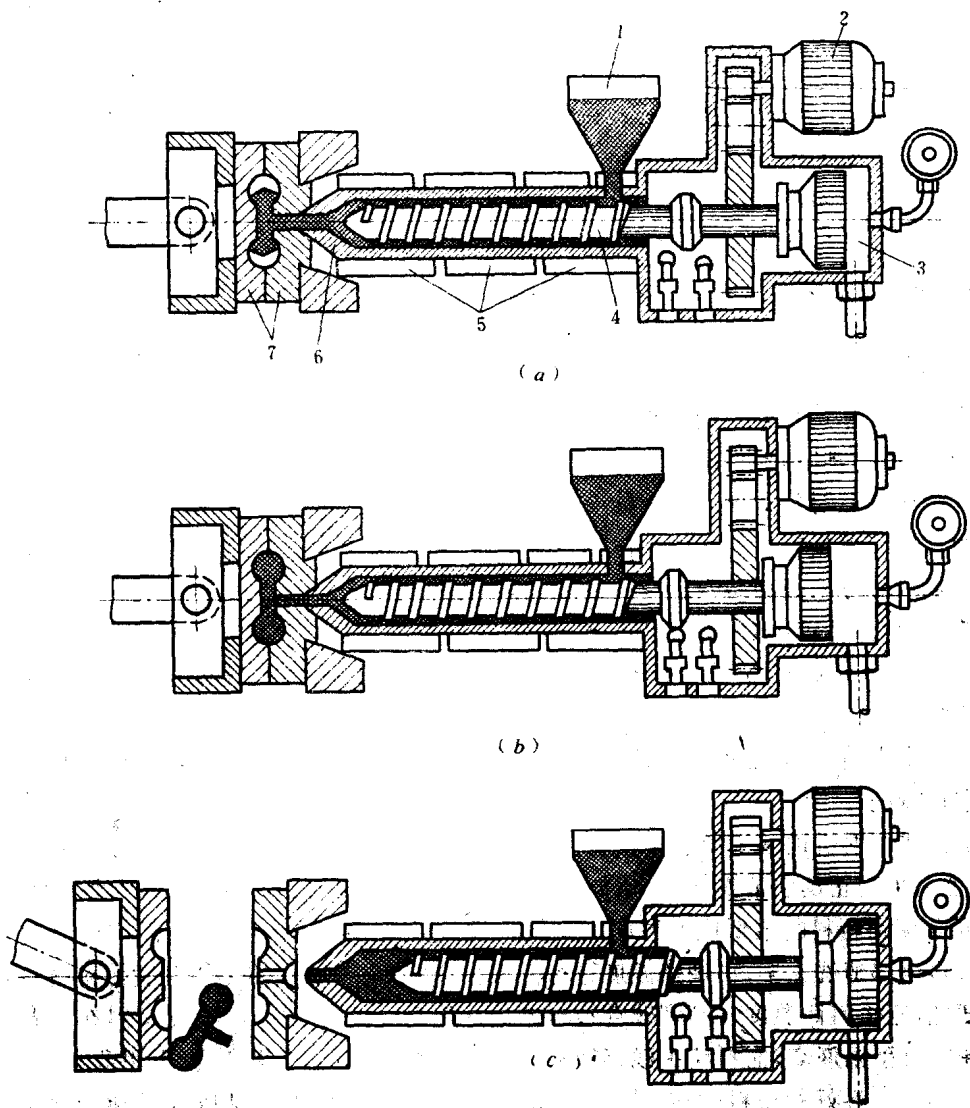


图 1-2 螺杆式注射机注塑原理图

1—料斗 2—螺杆转动传动装置 3—注射油缸 4—螺杆 5—加热器 6—喷嘴 7—模具

## 第二节 注塑工艺过程

注塑工艺过程的确定是注射工艺规程制度的中心环节,它包括成型前的准备、注射过程、制品的后处理。

### 一、注射成型前的准备

为了使注射成型顺利进行,保证塑料制品质量,在注射成型之前应进行如下工作:

#### 1. 原料的检验和预处理

在成型前应对原料进行外观和工艺性能检验,内容包括色泽、粒度及均匀性、流动性(熔体指数、粘度)、热稳定性、收缩性、水分含量等。有的制品要求不同颜色或透明度,在成型前应先在原料中加入所需的着色剂,若在原料中加入颜色母料则效果更好。

对于吸水性强的塑料(如聚碳酸酯、聚酰胺、聚砜、聚甲基丙烯酸甲酯等)在成型前必须进行干燥处理,否则塑料制品表面将会出现斑纹、银丝和气泡等缺陷,甚至导致高分子在成型时产生降解,严重影响制品的质量。而对不易吸水的塑料(如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等塑料)只要包装、运输、贮存良好,一般可以不必干燥处理。对于聚苯乙烯、ABS 塑料往往也进行干燥处理。

干燥处理的方法应根据塑料的性能和生产批量等条件进行选择。小批量生产用塑料,大多采用热风循环干燥烘箱和红外线加热烘箱进行干燥;大批量生产用塑料,宜采用负压沸腾干燥或真空干燥,效果好,时间短。干燥效果与温度和时间关系很大,一般来说,温度高、时间长,干燥效果好,但温度不宜过高,时间不宜过长,如果温度超过玻璃化温度或熔点,会使塑料结块,造成成型时加料困难,对于热稳定性差的塑料,还会导致变色、降解。干燥后的塑料应马上使用,否则要加以妥善贮存,以防再受潮。

## 2. 嵌件的预热

为了满足装配和使用强度的要求,塑料制品内常要嵌入金属嵌件。由于金属和塑料收缩率差别较大,因而在制品冷却时,嵌件周围产生较大的内应力,导致嵌件周围强度下降和出现裂纹。因此,除了在设计塑料制品时加大嵌件周围的壁厚外,成型前对金属嵌件进行预热也是一项有效措施。

嵌件的预热应根据塑料的性能和嵌件大小而定,对于成型时容易产生应力开裂的塑料(如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等),其制品的金属嵌件,尤其较大的嵌件一般都要预热。对于成型时不易产生应力开裂的塑料,且嵌件较小时,则可以不必预热。预热的温度以不损坏金属嵌件表面所镀的锌层或铬层为限,一般为 $110^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ ,对于表面无镀层的铝合金或铜嵌件,预热温度可达 $150^{\circ}\text{C}$ 。

## 3. 料筒的清洗

在注射成型之前,如果注射机料筒中原来残存的塑料与将要使用的塑料不同或颜色不一致时,一般都要进行清洗。

对于螺杆式注射机通常采用直接换料清洗。换料清洗时,必须掌握料筒中的塑料和欲换的新塑料的特性,然后采用正确的清洗步骤。例如,新塑料成型温度高于料筒内残存塑料的成型温度时,应将料筒温度升高到新料的最低成型温度,然后加入新料(也可以是新料的回料),“连续对空注射”,直到残存塑料全部清洗完毕,再调整温度进行正常生产。如果新塑料的成型温度比料筒内残存塑料的成型温度低,应将料筒温度升高到残存塑料的最好流动温度后切断电源,用新料在降温下进行清洗。如果新料成型温度高,而料筒中残存塑料又是热敏性塑料(如聚氯乙烯、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等),则应选热稳定性好的塑料(如聚苯乙烯、低密度聚乙烯等)作为过渡换料,先换出热敏性塑料,再用新料换出热稳定性好的过渡料。

目前已研制出一种新的料筒清洗剂,适用于成型温度范围在 $180\sim 280^{\circ}\text{C}$ 的各种热塑性塑料的注射机机筒清洗。中小型注射机,清洗剂用量在 $50\sim 200\text{g}$ 左右。

柱塞式注射机的料筒清洗比螺杆式注射机的困难,清洗时需要拆卸清洗。

## 4. 脱模剂的选用

注射成型时,塑料制品的脱模主要是依赖于合理的工艺条件和正确的模具设计,但由于制品本身的复杂性或工艺条件控制不稳定,可能造成脱模困难,所以在实际生产中通常使用脱模剂。

常用的脱模剂有三种:硬脂酸锌,除聚酰胺外,一般塑料都可用;液体石蜡(白油),用于聚酰胺塑料件的脱模效果较好;硅油,润滑效果良好,但价格较贵,使用较麻烦,需配制成甲苯溶液,涂抹在模腔表面,还要加热干燥,使用脱模剂时,喷涂应均匀、适量,以免影响塑料制品的外观及性能,尤其注射成型透明塑料时更应注意。

## 二、注射过程

完整的注射过程包括加料、塑化、注射、保压、冷却和脱模等步骤。但就塑料在注射成型中的实质变化来说,是塑料的塑化和熔体充满型腔与冷却定型两大过程。

### 1. 塑料的塑化

塑化进行得如何直接关系到塑料制品的产量和质量。对塑化的要求是:在规定的时间内塑化出

足够数量的熔融塑料；塑料熔体在进入塑料模型腔之前应达到规定的成型温度，而且熔体各点温度应均匀一致，避免局部温度过低或温度过高。

要达到上述要求必需掌握塑料的特性，正确控制工艺条件，恰当选择注射机类型及螺杆结构。塑料特性与塑化质量关系很大，热敏性塑料对注射机类型和工艺条件比较敏感，应特别引起注意；吸水性强的塑料如果干燥工作没有做好，对塑化也有影响；料筒温度、螺杆转速等对塑化影响甚大。柱塞式注射机的塑化质量比螺杆式注射机差，螺杆的结构对塑化过程也有影响。

总之，塑料的塑化是一个比较复杂的物理过程，它牵涉到固体塑料输送、熔化、熔体输送等许多理论和实际问题；牵涉到注射机类型、料筒和螺杆结构；牵涉到工艺条件的控制等。在实际生产中必须重视这一过程的分析与控制，以保证制品质量和生产过程的稳定。

## 2. 熔体充满型腔与冷却定型

这一过程包括用螺杆或柱塞推动塑化后的粘流态的塑料熔体注入并充满塑料模型腔，熔体在压力下的冷却凝固定型，直至塑料制品脱模。这一过程时间不长，但合理地控制该过程的温度、压力、时间等工艺条件，对获得优良塑料制品却很重要。根据塑料熔体进入型腔的变化情况，这个过程又可细分为充模、压实、倒流和浇口冻结后的冷却四个阶段。在这四个阶段中，温度总的来说是降低的，压力的变化如图 1-3 所示。

(1) 充模阶段 从注射机的螺杆或柱塞快速推进，将塑料熔体注入型腔，直到型腔被熔体完全充满(时间从零到  $t_1$  时)为止。这一阶段的压力变化情况是，当熔体没有注入型腔时，型腔内压力基本上为零，当充模时，随着熔体量的迅速增加，其压力也迅速上升，到  $t_1$  时，压力达到最大值  $p_0$ 。

充模时间对压力和温度有影响。当充模时间短，即高速充模时，由于熔体通过喷嘴、浇注系统进入型腔产生大量的摩擦热，因而使熔体温度升高。由于温度较高，所以充模所需的压力较小。当塑料熔体充满型腔，其压力达到最大值( $p_0$ )时，塑料熔体仍保持较高的温度。当慢速充模时，充模时间长，先进入型腔的塑料受到较快的降温冷却，粘度增大，后续充模就需要较大压力。在这种情况下，熔体最高温度是在离开喷嘴的瞬间，到了型腔之后，温度就降低了。

慢速充模时，塑料制品内高分子定向程度较大，制品性能各向异性显著。而高速充模时，高分子定向程度小，塑料制品熔接强度较高，但充模速度不宜过高。

(2) 压实阶段 这是指自熔体充满型腔时起至柱塞或螺杆开始退回的一段时间( $t_1 \sim t_2$ )。在这段时间内，熔体因为冷却而收缩，但由于螺杆或柱塞继续缓慢向前移动，使料筒中的熔体继续注入型腔，以补充收缩需要，从而保持型腔中熔体压力不变。如果螺杆或柱塞在熔体充满型腔时停在原位不动，则熔体压力略有下降，如图 1-3 中虚线 1 所示。

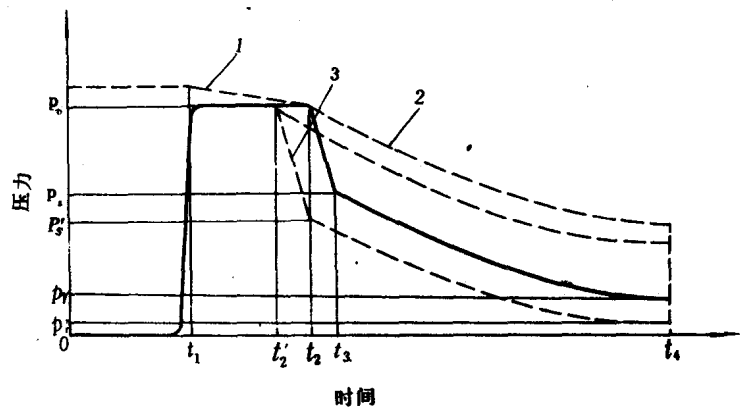


图 1-3 模塑过程中塑料压力的变化

$p_0$ —型腔内最大压力  $p_4$ —浇口冻结时的压力

$p_1$ —脱模时残余压力  $t$ —时间

压实阶段对提高塑料制品密度，减小塑料制品的收缩，克服制品表面缺陷都有重要意义。

(3) 倒流阶段 这一阶段是从螺杆或柱塞开始后退( $t_2$ )至浇口处熔体冻结时( $t_4$ )为止。在这一

阶段中,由于螺杆或柱塞后退,所以型腔内的压力比浇注系统流道内的高,导致塑料熔体从型腔内倒流,从而使型腔内的压力迅速下降。如果螺杆或柱塞后退时浇口已经冻结,或在喷嘴中装有止逆阀,则倒流阶段就不存在,即不存在 $t_2 \sim t_3$ 之间的压力下降曲线,而是如图1-3中所示的虚线2。

由上述分析不难知道,有无倒流或倒流的多少决定于压实阶段的时间,如果压实阶段时间短( $t_1 \sim t_2$ ),则倒流的塑料熔体多,如图1-3中的曲线3。相反,熔体倒流少。塑料熔体倒流多,浇口冻结时型腔的压力小。而浇口冻结时,型腔内的压力和温度是决定塑料制品平均收缩率的重要因素。由此可见,压实阶段时间长短,直接影响到塑料制品的收缩率。

(4)冻结后的冷却阶段 这一阶段为从浇口处的塑料完全冻结到塑料制品脱模取出为止( $t_3 \sim t_4$ )。在这一阶段中,补缩或倒流均不再继续进行。型腔内的塑料继续冷却、硬化、定型。当脱模时,塑料制品具有足够的刚度,不致产生翘曲或变形。在冷却阶段中,随着温度的迅速下降,型腔内的塑料体积收缩,压力下降,到开模时,型腔内的压力不一定等于外界大气压力。型腔内压力与外界压力之差称为残余压力(即 $p_r$ )。当残余压力为正值时,脱模比较困难,塑料制品容易被刮伤甚至破裂;残余压力为负值时,制品表面易出现凹陷或内部产生真空泡;而当残余压力接近于零时,塑料制品脱模方便,质量较好。

必须注意,塑料自注入型腔,冷却凝固,直至塑料制品脱模为止,如果冷却速度过快或模具温度不均匀,则制品会由于冷却不均匀而导致各部位收缩不均匀,结果使制品内部产生内应力。因而冷却速度必须适当。

### 三、塑料制品的后处理

由于塑化不均匀或由于塑料在型腔中的结晶、定向和冷却不均匀,造成制品各部分收缩不一致,或因为金属嵌件的影响和制品的二次加工不当等原因,塑料制品内部不可避免地存在一些内应力。而内应力的存在往往导致制品在使用过程中产生变形或开裂,因此,应该设法消除之。

根据塑料的特性和使用要求,塑料制品可进行退火处理和调湿处理。

退火处理的方法是把制品放在一定温度的烘箱中或液体介质(如热水、热矿物油、甘油、乙二醇和液体石蜡等)中一段时间,然后缓慢冷却。退火的温度一般控制在高于塑料制品的使用温度 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 或低于塑料热变形温度 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 。温度不宜过高,否则制品会产生翘曲变形;温度也不宜过低,否则达不到后处理的目的。退火的时间决定于塑料品种、加热介质的温度、制品的形状和壁厚、塑料制品精度要求等因素。

退火处理的结果,消除了塑料制品的内应力,稳定了尺寸。对于结晶型塑料还能提高结晶度,稳定结晶结构,从而提高其弹性模量和硬度,但却降低了断裂伸长率。

调湿处理主要是用于聚酰胺类塑料的制品。因为聚酰胺类塑料制品脱模时,在高温下接触空气容易氧化变色,另外,这类塑料制品在空气中使用或存放又容易吸水而膨胀,需要经过很长时间尺寸才能稳定下来,所以,将刚脱模的这类塑料制品放在热水中处理,不仅隔绝空气,防止氧化,消除内应力,而且还可加速达到吸湿平衡,稳定其尺寸,故称为调湿处理。经过调湿处理,还可以改善塑料制品韧性,使冲击强度和拉伸强度有所提高。调湿处理的温度一般为 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ ,热变形温度高的塑料品种取上限;相反,则取下限。调湿处理的时间取决于塑料的品种、制品形状与壁厚和结晶度大小。达到调湿处理时间后,应缓慢冷却至室温。

当然,并非塑料制品一定要经过后处理,像聚甲醛和氯化聚醚塑料的制品,虽然存在内应力,但由于高分子本身柔性较大和玻璃化温度较低,内应力能够自行缓慢消除,如果制品要求不严格时,可以不必后处理。

常用的热塑性塑料注射成型工艺参数如表1-1。

表 1-1 常用热塑性塑料注射成型的工艺参数

塑料名称	硬聚氯乙烯		低压聚乙烯		聚丙烯		ABS		聚苯乙烯		聚甲基丙烯酸酯 (共聚)	氯化聚丙烯
	注射机类型	螺杆式	柱塞式	纯	20~40% 玻纤增强	通用级	20~40% 玻纤增强	纯	20~30% 玻纤增强	螺杆式		
预热和干燥 t/°C 时间 τ/h		70~90 4~6	70~80 1~2	80~100 1~2		80~85 2~3		60~75 2		80~100 3~5		100~105 1.0
料筒温度 t/°C	后段 中段 前段	160~170 165~180 170~190	140~160	160~180 180~200 200~220	成型温度 230~290	150~170 165~180 180~200	成型温度 260~290	140~160 170~190	成型温度 200~280	160~170 170~180 180~190		170~180 185~200 210~240
喷嘴温度 t/°C						170~180				170~180		180~190
模具温度 t/°C		30~60	60~70 (高密度) 35~55 (低密度)	80~90		50~80	75	32~65		90~120①		80~110①
注射压力 P/MPa		80~130	60~100	70~100	70~140	60~100	106~281	60~110	• 56~160	80~130		80~120
成型时间 τ/s	注射时间 高压时间 冷却时间 总周期	15~60 0~5 15~60 40~130	15~60 0~3 15~60 40~130	20~60 0~3 20~90 50~160		20~90 0~5 20~120 50~220		15~45 0~3 15~60 40~120		20~90 0~5 20~60 50~160		15~60 0~5 20~60 40~130
螺杆转速 n / (r · min <sup>-1</sup> )		28	48	30	48			48		28		28
后处理	方法 温度 t/°C 时间 τ/h					红外线灯、 烘箱 70 2~4		红外线灯、 烘箱 70 2~4		红外线灯、 鼓风烘箱 140~145 4		
说明						AS的成 型条件与上 相似		丁苯橡胶 改性的聚苯 乙烯的成型 条件与上相 似		均聚的成 型条件与上 相似		



(续)

塑料名称	聚碳酸酯		聚砵	聚芳砵	聚苯砵	氟塑料			醋酸纤维素	聚砵亚胺	改性聚甲基丙烯酸甲酯 (372)
	纯	30% 碳纤维增强				聚三氟乙烯	聚四氟乙烯	氟全氟乙烯			
注射机类型	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式
预热和干燥	110~120 8~12		120~140 >4	200 6~8	130 4				70~75 4	130 4	70~80 4
料筒温度 t/°C	后段 210~240 中段 230~280 前段 240~285	成型温度 210~300	250~270 280~300 310~330	310~370 345~385 385~420	230~240 250~280 260~290	200~210 285~290 275~280	165~190 270~290 310~330	150~170 170~190	240~270 260~290 280~315	160~180	
喷嘴温度 t/°C	240~250		290~310	380~410	250~280	265~270	300~310		290~300	210~240	
模具温度 t/°C	90~110①	90~110①	130~150①	230~260①	110~150①	110~130①	110~130①	20~80	130~150①	40~60	
注射压力 P/MPa	80~130	80~130	80~200	150~200	80~200	80~130	80~130	60~130	80~200	80~130	
成型时间 τ/s	注射时间 20~90 高压时间 0~5 冷却时间 20~90 总周期 40~190		30~90 0~5 30~60 65~160	15~20 0~5 10~20	30~90 0~5 30~60 70~160	20~60 0~3 20~60 50~130	20~60 0~3 20~60 50~130	15~45 0~3 15~45 40~100	30~60 0~5 20~60 60~160	20~60 0~5 20~90 50~150	
螺杆转速 n / (r · min <sup>-1</sup> )	28		28		28	30	30		28		
后处理	方法 红外线灯、鼓风烘箱 100~110 时间 τ/h 8~12		红外线灯、鼓风烘箱、甘油 110~130 4~8		红外线灯、甘油 150 1~4				红外线灯、鼓风烘箱 150 4		红外线灯、鼓风烘箱 70 4
说明							无增塑剂类				