

化工机械类

ZHUSU GONG  
RUMEN

# 一招鲜

就业技术速成丛书



# 注塑工 入门

潘旺林 编 著


适合培训·便于自学



一招鲜·就业技术速成丛书

# 注塑工入门

潘旺林 编 著

 安徽科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

注塑工入门/潘旺林编著. —合肥:安徽科学技术出版社, 2008. 1

(一招鲜·就业技术速成丛书)

ISBN 978-7-5337-3989-8

I. 注… II. 潘… III. 注塑-基本知识  
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008447 号

---

注塑工入门

潘旺林 编著

出版人: 朱智润

责任编辑: 倪颖生

封面设计: 冯 劲

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号  
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www. ahstp. net

E - mail: yougoubu@sina. com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥星光印务有限责任公司

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 11.25

字 数: 280 千

版 次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 6 000

定 价: 19.80 元

---

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

## 内 容 提 要

塑料和现代社会息息相关。本书内容紧紧围绕“注塑工入门”的知识展开,帮助注塑工认识塑料及塑料助剂,介绍了注塑技术及注塑设备。同时介绍了注塑加工过程中常见的注塑成型缺陷及其解决方法。本书有助于就业入门和一线注塑工人操作技术的提高。

# 《一招鲜·就业技术速成丛书》

编写委员会

主 编 潘旺林

副主编 张能武 徐 森

委 员 (按姓氏笔画为序)

王新华	艾春平	卢小虎	刘春玲	汪立亮
张志刚	张 军	张能武	李春亮	苏本杰
季明善	杨昌明	杨奉涛	罗中华	夏红民
徐 森	戴 芸	程美玲	程国元	满维龙
戴胡斌				

# 目 录

<b>第一章 注塑工基础知识</b> .....	1
第一节 注塑系统及注塑原理 .....	1
第二节 塑料材料 .....	11
第三节 塑料助剂 .....	25
第四节 注塑工职责及安全生产 .....	43
<b>第二章 注塑设备及其操作</b> .....	54
第一节 模具 .....	54
第二节 注塑机的结构及参数 .....	63
第三节 注塑机的安装 .....	78
第四节 注塑机的运转调试 .....	89
第五节 注塑机的操作技术 .....	103
第六节 塑料注射机与注射模有关的技术规格 .....	135
<b>第三章 注塑加工技术</b> .....	153
第一节 注射成型前的准备 .....	153
第二节 注塑或成型工艺参数及其调整 .....	157
第三节 制品的后处理 .....	213
第四节 注射成型塑料制品工艺 .....	216
<b>第四章 注塑成型缺陷及解决方法</b> .....	328
<b>参考文献</b> .....	354

# 第一章 注塑工基础知识

## 第一节 注塑系统及注塑原理

### 一、常规注塑成型加工系统

常规注塑成型加工系统是指热塑性材料通用的注塑成型系统，包括被加工的塑料原料和成型好的塑件，以及用来成型加工的注塑机、注塑模等。图 1-1 是一种常用的注塑成型加工系统。

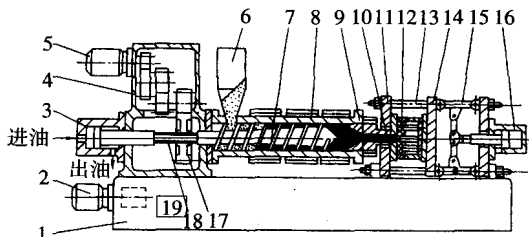


图 1-1 注塑成型系统

- 1—机身；2—电动机及液压泵；3—注射液压缸；4—齿轮箱；5—齿轮传动电动机；  
6—料斗；7—螺杆；8—加热器；9—料筒；10—喷嘴；11—固定模板；12—模具；  
13—拉杆；14—动模固定板(安装板)；15—合模机构；16—合模液压缸；  
17—螺杆传动齿轮；18—螺杆花键；19—油箱

### 二、注塑成型的特点

注塑是将粉状或颗粒状固体树脂转变为黏性液体或熔体，熔体在压力作用下，通过喷嘴进入模具型腔，经过冷却定型后形成塑料制品。注塑的优点有：

- ①生产效率高。如电视机外壳一模可打数百个型腔；②所需的

劳动力相对较低。一个操作工常常可以看管两台或更多台机器,特别是当成型件可以自动卸到输送带时更甚;③制品无需修整或仅需少量修整。如可以消除飞边,自动切除浇注系统等;④可以成型形状复杂的制品。模具的结构、加工模具的刀具起着决定的作用;⑤设计指标灵活(光洁度、颜色、嵌件、材料)。通过共注可成型多于一种的材料,可以有效地成型表皮硬而心部发泡的材料,可以成型热固性塑料和纤维增强塑料;⑥废料损耗最小。对于热塑性塑料,浇注系统可以再利用;⑦可以得到狭窄的公差。现代微机控制,加上精密的模具和精密的液压系统,可使尺寸公差达到  $1\mu\text{m}$ (但如果没有高水平的操作工不断地看管则不行);⑧可以充分利用聚合物独特的属性。如黏附性、质轻、透明、耐腐蚀等,从每天使用的塑料制品数量和种类可以得到证明。

注塑的缺点和问题有:

①高的设备和工具投入要求高产量。一台 181t 锁模力/397g 注塑量( $1\text{t}=9.8\times 10^3\text{N}$ )的全自动注塑机的价格约 \$ 150000,加上一些配件,如选用螺杆和模具,一套中等规格的注塑生产装置的价格远远超过 \$ 200000 元;②缺乏专门的技术和良好的保养可能会造成高启动费和运作费;③产品质量有时难以短期稳定。如成型后的翘曲变形可能会导致制品因尺寸变化而无法使用,这种尺寸变化在成型后几周或几个月后才能稳定;④涉及的技术和交叉学科的知识较多,难于掌握;⑤制品的结构有时不适宜高效成型;⑥模具设计、制造和试模的时间有时很长,尽管相关的 CAD/CAM 技术使生产周期逐渐变短;⑦由于涉及的因素很多,有时难于准确估算一次成型加工的费用,容易造成经济损失

### 三、注塑成型基本过程

完整的注塑成型工艺过程包括:成型物料准备(预处理)、注塑机上成型和成型所得制品的热处理和调湿处理(后处理)三个大的阶段。多数情况下,注塑机上的成型是决定制品质量的关键,所以这里



重点论述,其余两个阶段可参考“注塑成型工艺”方面的书籍文献。

### 1. 成型设备简介:

注塑模具和注塑机是注塑成型的主要装备。

(1) 注塑模具 注塑模具是通过装配形成的空腔(一个或多个),用来成型制品所需的形状,生产塑料零件和产品的一种装置。模具的型腔是由阴模(凹模)和称为模芯(型芯)的阳模(凸模)组成。模具安装在注塑机上,并按如下时间顺序充填模腔:合模→注塑(热的、近乎流动的)塑料进入型腔→模塑成型(保持合模状态,直到塑料冷却至能被顶出时为止)→开模→顶出塑料制品;如果需要,注塑机可以延长开模时间,作好下一个循环周期的准备工作(图 1-2)。

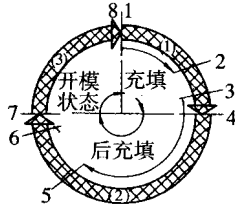


图 1-2 注塑成型的控制循环周期

- 1—循环开始;2—浇口开始注塑的时刻;3—充填/保压的控制开关;4—型腔完全充满;  
5—保压压力释放;6—脱模控制开关;7—模具打开;8—模具关闭,开始下一循环  
(1)充填阶段;(2)后充填阶段;(3)开模状态

(2) 注塑机 注塑成型所用的注塑机由四个作用不同的基本单元组成。

①合模机构 在注塑周期中完成开模和合模动作,并提供必要的合模力以保持塑料注塑时模具的闭合状态。

②塑化装置 绝大多数是螺杆挤出机式的塑化装置,该装置将塑料原料加热到注塑所要求的熔融状态,加热所需的热量由挤出螺杆在料筒中作旋转运动的机械能转化而成,由螺杆电机提供。螺杆旋转运动同时还将塑料原料推向螺杆顶端。

③注塑装置 通过压力将塑料融体注入模具,所需压力的大小主要取决于制品的壁厚。厚制品所需的压力相对较低(49.0~

98.0MPa),薄制品所需的压力较高。注塑方法分为:一级注塑和二级注塑。所对应的注塑机有两种:挤出机构和注塑机构在一个装置的往复式螺杆(柱塞螺杆)注塑机和挤出、注塑作用分开的预塑化式注塑机。

- ④全部控制系统 控制系统掌握着注塑机的操作过程,包括:
  - 控制组件——安装在合模安全门附近,用于观察模具的状况;
  - 逻辑控制——掌握着机器的状态,处理来自位置传感器和时间继电器等的信号,使注塑机按要求运行;
  - 电力供应——电动机和加热器的分布;
  - 温度控制——控制注塑机和模具的温度。

## 2. 成型周期

注塑机上成型制品是一周期性过程,每成型一个制品注塑机注塑装置和锁模装置的各运动部件均按预定的顺序依次动作一次。因此,注塑成型过程中各成型步骤的时间顺序、合模力、注塑压力和物料所经受的温度与压力变化均具有循环重复的周期性特点。

通常将注塑机完成一个制品所需的全部时间称为总周期时间(或简称为周期时间),一个注塑成型周期内,锁模装置、螺杆和注射座的动作时间与各部分操作时间如图 1-3 所示。

为便于对注塑成型过程进行分析,可将组成成型周期的各部分时间按其 在成型过程中的作用划分为成型时间和辅助操作时间两大部分。前者是指熔体进入模具、充满型腔造型和在型腔内冷凝定型所需的全部时间;后者是指在总周期时间内除成型时间外的其余所有时间,通常包括注塑机有关运动部件为启、闭模和顶出制品的动作时间,以及安放嵌件、涂脱模剂和取出制品等的辅助操作时间。由于造型和定型都是在闭合的型腔内进行,因此成型时间应包括在模具锁紧的时间内,而运动部件的动作时间和辅助操作时间则应包括在模具开启的时间内。

成型周期是与效率相联系的。一般需要考虑制品的几何形状和加工条件等因素,以确定最短的成型周期。注塑某一制品所需的时

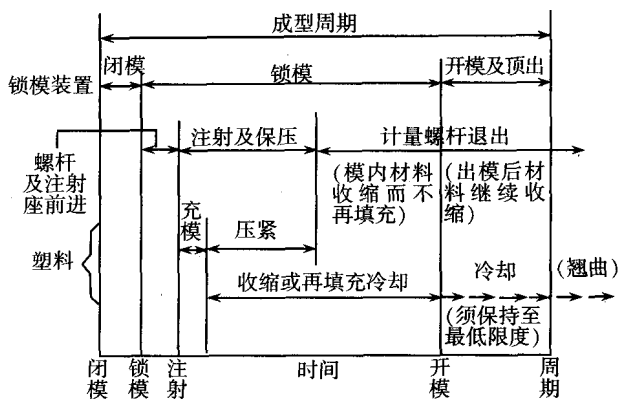


图 1-3 注塑成型周期图

间受很多因素影响,一些主要因素是:材料的热膨胀系数、熔体的流变行为、热扩散系数、热力学性能、制品结构、成型条件、模具结构等。为 CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)应用及理解的方便,采用图 1-3 注塑成型的控制周期较多。

#### 四、注塑原理

##### 1. 宏观角度

注塑成型时,塑料要经过三个阶段的转换:一是塑料未进入料筒前的颗粒状态;二是塑料在料筒中的塑化流动而达到的熔融状态;三是塑料通过注塑模浇注系统的充模流动及冷却定型。在第一个阶段中,塑料在未进入料筒前的流动,属于颗粒料流,主要是塑料受到机械力等的作用而产生的塑料颗粒流动。在第二个阶段中,塑料在料筒热和剪切热等的作用下,发生塑化熔融而在料筒中流动,这种流动在料筒内每一部分的流动状态基本保持恒定,属于稳定流动。第三个阶段,塑料通过注塑模浇注系统的充模流动,其流动状态不能保持恒定,属于非稳定流动,但这是塑料最终成型的关键。在每个阶段中:

①塑料有自身的物性参数和本构关系(固有特性、内因);②一定量的塑料聚集在一起形成一个宏观结构;③塑料宏观结构周围的非塑料本身的结构(如注塑模、注塑机等)构成塑料的几何边界;④塑料要受到来自外界或其内部的各种力(可以理解为“广义作用力”,平常所说的工艺参数也包括在其中),包括机械力,如:压力、剪切力、摩擦力等;物理力,如:热、结晶、相变等物理变化力;化学力,如:热分解等化学变化力。

## 2. 塑料原料的角度

从材料变化角度出发的注塑过程如图 1-4 所示。从图中可知:塑料树脂将发生种种变化。首先树脂在料筒中被加热压缩,然后在脱去夹带空气的同时熔融;熔融后的树脂经计量并被用高压射入模具中。注塑时熔融树脂将急剧地从压缩状态变为膨胀状态并高速地向模具中流动,在流动中树脂的大分子将随着流动方向取向。树脂进入模具经冷却固化后,将伴随着结晶化过程而产生收缩,而且制品在形成过程中因受到了较大的注塑压力和急速的冷却过程,所以在大多数情况下其内部有内应力产生。

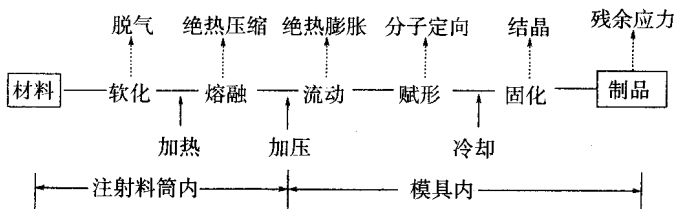


图 1-4 注塑工艺中塑料形态变化

(1)软化和熔融 实际使用的注塑机的料筒外部设有圆形加热器,在螺杆的推动下,树脂一边前进一边熔融,最后经喷嘴被射入到模具中。

树脂从送料段( $L_1$ )进入压缩段( $L_2$ )时,因螺杆螺槽体积的变小而被压缩并发生脱气,在进入计量段( $L_3$ )前,树脂温度已达其熔融温度,成为熔融体。为了保证制品的质量,树脂应是充分脱气后再

熔融。

在计量段( $L_3$ ,也称混炼段),由于螺杆螺槽深度  $h_2$  更小,树脂将在螺杆旋转过程中受到较强的剪切力的混炼,因而熔融变得更加完全。与螺杆有关的三个数值:①螺杆的有效长度  $(L_1 + L_2 + L_3)/D$  (螺杆直径);②螺杆的压缩比  $h_1/h_2$  (最大、最小的螺杆槽深度);③螺杆压缩部分的相对长度  $h_2/(L_1 + L_2 + L_3)$ ,将完全支配脱气和熔融的程度。

这三个值越大,材料的熔融也越完全。例如,难加工的超高分子量聚乙烯也可在有效长度为  $25D$ ,螺杆的压缩比为 15,相对长度为 60%的条件下进行注塑。

从注塑机原理讲,螺杆旋转时熔融的树脂将被输送至螺杆的前端,与此同时树脂产生的反压力又将使螺杆后退至某一个位置而完成计量过程,然后螺杆将在机械力的作用下前进,前端的熔融树脂射入到模具中去。在树脂被射入模具前的瞬间内,其熔体会受到急剧的压缩(称之为绝热压缩),有时熔体会因此发生结晶,使喷嘴口变窄(结晶化较完全时,由于其熔点上升而发生固化)。

(2)流动 熔体在高速下被注塑入模具时,往往会发生两种现象。一是在料筒中处于受压状态的熔融树脂会因突然的减压而膨胀,这种急剧地膨胀(绝热膨胀)将引起熔融树脂本身的温度下降(其原理和冷冻机的绝热膨胀相同)。有实例表明,聚碳酸酯的这种温度降可达  $50^{\circ}\text{C}$ ,聚甲醛树脂的温度降可达  $30^{\circ}\text{C}$ 。熔融树脂进入模具并接触到冷壁面时,也将产生急剧的温度下降。另一种现象是,熔融树脂的大分子将顺着其流动方向发生取向,图 1-5 是描述这种现象的模式图。

从图 1-5 可知,熔体在型腔的壁面附近流动极慢,而在型腔中心部分流动较快,树脂的分子在流动较快的区域中被拉伸和取向。树脂在这样的状态下经冷却固化成为制品后,由于流动的平行方向及垂直方向产生的收缩率之差,往往会造成制品的变形和翘曲。

熔体进入型腔后的流动是指熔体从越过浇口开始到整个型腔基

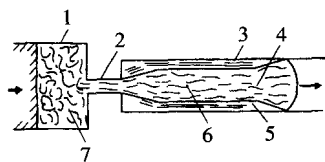


图 1-5 注塑时熔体流动引起的取向

1—注塑机；2—模具的浇道、浇口；3—模具型腔；4—中心处流速较快的部分

5—沿型腔壁面流速较慢的部分；6—因取向而伸开的树脂；7—缠绕在一起的分子

基本上被熔体充满为止的这一段期间，是成型过程中最重要、也是最复杂的时期；其重要性在于制品的形状、尺寸、外观、内应力和聚合物的形态结构等，均在这一不长的时间内基本确定下来。由于热熔体在不同模具结构的型腔内流动时，表现出极其复杂的流变行为和热行为，因而用简单的模型来概括如此复杂的过程显然是不可能的。所以，下面仅对熔体在型腔内流动的一般特征和影响充模长度的主要因素作简要说明。

①熔体在型腔内的流动方式：充模过程中熔体在型腔内的流动方式，主要与浇口的位置和型腔的形状及结构有关。如图 1-6(a) 经过与圆板状制品平面相垂直的浇口流入型腔，其流动方式是以浇口为圆心，各半径方向上的熔体均用同样的速度辐射状地向四周扩展；图 1-6(b) 由制品的平面内进入矩形截面的型腔，充模方式是越过浇口的料流前沿以浇口为圆心，按圆弧状向前扩展。

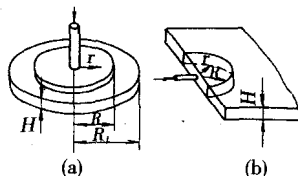


图 1-6 型腔内熔体的充模方式

②熔体在型腔内的流动类型：熔体通过浇口进入型腔时的流速，与其在型腔内的流动类型有直接关系。由浇口出来的熔体流速很高时，熔体流首先射向对壁，以湍流的形式充满型腔；而由浇口出来的

熔体流速较低时,以层流方式自浇口向型腔底部逐渐扩展。

湍流流动充模,不仅会将空气带入成型物内,而且由于模底先被熔体填满,使型腔内空气难以排出;未排出的空气被热熔体加热和压缩成高温气体后,会引起熔体的局部烧伤和降解,这不仅会降低制品的表观质量,而且还是制品出现微裂纹和存在较大内应力的重要原因。

层流流动充模,可避免湍流流动充模引起的各种缺点,若控制得当可得到表观和内在质量均比较高的制品。但若流动速度过小会显著延长充模时间,如果由于流动中的明显冷却降温而使熔体黏度大幅度提高,就会引起型腔充填不满、制品出现分层和熔接缝强度偏低等缺陷。

③型腔内熔体向前推进的运动机理:熔体以层流方式充模时,在型腔内向前推进的运动机理与其非等温度流动特性有关。

热熔体从浇口处向型腔内部推进时,其前峰表面由于与冷空气接触而形成高黏度的前缘膜(冷凝层)。前缘膜最初的形状大致反映了熔体中各层的流速分布,随着温度的进一步降低,前缘膜后的熔体单元通常会以更高的速度追到膜上。这时可能出现两种情况:一是受到前缘膜的阻止,熔体单元不再前进,转向模壁方向而很快被冻结;二是熔体单元冲破原有的前缘膜,形成新的前缘膜。

④熔体在型腔内的流动长度:充填过程中,熔体在型腔内的流动长度受型腔高度(制品厚度)、熔体的流变性能参数、塑料的热物理性能及成型工艺条件等多种因素的影响,其中型腔截面高度对流动长度的影响最为显著。一般通过提高熔体温度、模具温度和型腔入口处的压力来保证型腔的充满。

流动距离比,又称流长比,即流动各段长度与流程各段厚度的比值,是衡量熔融树脂流动性能的一个重要参数。流动距离比随塑料熔体的性质、温度、注塑压力、浇口种类等因素而变化。表1-1列出了供模具设计参考的几种塑料的流动距离比。应当注意,对于表面积特别大的塑件,除了考虑流动距离比之外,还应考虑各流程厚度与成型面积之比不能过小。

表 1-1 几种塑料的流动距离比

塑料名称	注射压力/MPa	流长比/(L/t)	塑料名称	注射压力/MPa	流长比/(L/t)
聚乙烯	150	280~250	硬聚氯乙烯	130	170~130
聚乙烯	60	140~100	硬聚氯乙烯	90	140~100
聚丙烯	120	280	硬聚氯乙烯	70	110~70
聚丙烯	70	240~200	软聚氯乙烯	90	280~200
聚苯乙烯	90	300~280	软聚氯乙烯	70	240~160
聚酰胺	90	360~200	聚碳酸酯	130	180~120
聚甲醛	100	210~110	聚碳酸酯	90	130~90

(3) 赋形和固化 熔融树脂在注塑时,经喷嘴进入模具中被赋予形状,并经冷却和固化而成为制品。

①型腔内熔体的压实与增密 压实、增密阶段又称保压阶段。充填过程结束后,熔体进入型腔的快速流动虽已停止,但这时型腔内的压力并不高,不能平衡浇道内的压力,因而浇道内的熔体以缓慢的速度继续流入型腔,使其中的压力升高,直至浇口两侧的压力平衡为止。压实时间虽然很短,但可使熔体紧密贴合型腔壁,精确取得型腔样;并使不同时间、不同流向的熔体相互熔合;压实过程迅速增压的另一效果是使成型物料的密度增加。

压实期内,型腔内压力达到最大值常使模具出现变形,特别是在型腔的中心部分,压力最高,变形量也最大。模具出现变形的结果,一是使平板制品的厚度大于型腔厚度,二是增大了厚度的不均一性。为此,当锁模力一定时,工艺上可采取在充模后期适当降低注射压力的方法,使压实期型腔内可能达到的最高压力值减小。

当成型壁很薄或浇口很小的制品时,充模结束后柱塞可立即退回,不需要经历保压阶段,可以直接开始无外压作用的冷却定型过程。当成型厚壁且浇口大的制品时,压实期结束后螺杆不能立即退回,而必须在最大前进位置上再停留一段时间,以使成型物在外压作用下进行冷却。成型物在外压作用下冷却一段时间的目的是继续向型腔内挤入一些熔体(常称补料),以补偿成型树脂因冷却而引起的体积收缩,并避免成型树脂过早地与模壁脱离。



②冷却固化阶段 一般指浇口凝固时起到制品从型腔内顶出为止。熔体进入型腔后虽已开始了冷却降温过程,但由于充模阶段和压实阶段的时间很短,因而在压实期结束后除紧靠模壁的表层冷凝外,成型物的内部物料仍处在黏流态或高弹态。要使成型物在脱模后可靠地保持已获得形状,并在脱出之前有足够高的刚性,还需要在型腔内继续冷却一段时间,使其全部冷凝或具有足够厚度的凝固层。

冷却时间,常在成型周期中占有很大比例,减少这一段时间,对缩短成型周期提高注塑机生产效率具有重要意义。用降低模具温度以加速传导散热,是缩短冷却时间的一个有效途径,但也不能使模具与熔体二者之间的温差过大,否则就会因降温速率差别过大产生较大的内应力。型腔内塑料的冷却过程,是其内部的熔体先将其热量传导给外面的凝固层,凝固层再将热量传给型腔壁,最后由模具向外散发。由于塑料的导热性远小于模具所用之金属,成型物的冷凝层是冷却过程中的制约因素所在,成型物的冷却时间就主要由塑料的热物理性能和制品的壁厚所决定。

树脂在固化过程中发生的主要现象是收缩,固化时因热变化引起的收缩和因结晶引起的收缩同时进行。树脂在固化过程中如果冷却不均匀,制品会因收缩的差异造成残余应力,特别是对于收缩率较大的结晶型聚合物,要更加注意。因为在脱模时,如果制品对型腔壁尚有较大的残余压力,就需要较大的顶出力克服制品与型腔壁的摩擦力,才能将制品从型腔中脱出。残余压力过大,所需要的顶出力很大,顶出时容易引起制品表面划伤,严重时会出现顶件破裂。残余压力在脱模时下降到接近于零是最佳脱模条件。

## 第二节 塑料材料

### 一、塑料的分类

塑料作为结构材料使用其历史远比金属材料 and 陶瓷材料短得