

高等专科学校适用教材

塑料模 设计

屈华昌 伍建国 主编

机械工业出版社

高等专科学校适用教材

塑 料 模 设 计

屈华昌 伍建国 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书以塑料注射成型工艺、注射模典型结构和注射模机构设计为主导,系统地介绍了注射模、压缩模、传递模、挤出模等塑料成型模具的设计方法;介绍了各类模具设计的注意事项;也介绍了塑料的分类、特性及其各种塑料模具的成型原理和成型工艺。本书的一大特点是把注射模的结构作为单独的一章,详细地阐述了各类注射模的结构特点、工作原理和设计要点。

本书是高等专科学校塑料模设计教材,也可作为职业大学、职工大学及函授大学模具专业课教材。同时,本书还可作为模具技术的培训教材。此外,本书对塑料模设计技术人员有较大的实用价值。

塑料模设计

屈华昌 伍建国 主编

*

责任编辑:林松 版式设计:胡金璞
封面设计:姚毅 责任校对:陈立耘
责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 $\frac{1}{4}$ ·印张11 $\frac{1}{4}$ ·字数 275千字

1993年11月北京第1版·1993年11月北京第1次印刷

印数00 001—11 500·定价:9.80元

*

ISBN 7-111-03754-5/TH·452

前 言

随着模具技术的迅速发展,在现代工业生产中,模具已经成为生产各种工业产品不可缺少的重要工艺装备。为了扩展学生在工艺装备设计方面的知识,以适应社会的需求,高等工科院校机械制造专业和锻压专业已普遍开设《塑料模设计》课程。本书是根据1989年全国高等专科学校机械制造专业协会模具课程组修订的教学大纲编写的,于1990年内部出版。在全国部分高等专科学校先行试用,并于1991年的全国高等专科学校机械制造协会模具课程组第三次年会上进行交流和研讨,得到了与会代表的肯定。同时,我们又广泛地听取意见,认真总结经验,在此基础上进行了修改与完善,现在正式与读者见面。

本书由南京机械专科学校屈华昌、沙洲工学院伍建国主编,上海机械专科学校盛善权副教授与竺宜良同志主审。

本书共分八章,第一、六章由扬州工学院张剑峰编写;第二、五章的第五、六、七节由伍建国编写;第三章由南通职业大学郭光宜编写;第四、七、八章由屈华昌编写;第五章的第一、二、三、四节由常熟高等专科学校顾用中编写。参加审稿的有陈洪渊、鲍冠群、丁松聚等同志。

本书在编写过程中得到了高等专科学校机械制造专业协会领导的大力支持,同时,在收集资料和编写过程中,也得到了不少生产单位及兄弟院校的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者理论水平和实践经验有限,书中难免有不当或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
1992年11月

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 塑料成型模具在工业生产中的地位	1
第二节 塑料模具的分类	2
第三节 怎样学习塑料模设计课程	3
第二章 塑料概论	5
第一节 塑料的基本概念	5
第二节 常用塑料	14
第三章 塑料成型工艺与塑料制件结构工艺性	24
第一节 塑料成型原理和成型工艺特点	24
第二节 塑料制件的结构工艺性	37
第四章 注射模结构	51
第一节 概述	54
第二节 单分型面注射模	55
第三节 双分型面注射模	56
第四节 斜导柱侧向抽芯注射模	59
第五节 带有活动镶件的注射模	64
第六节 对开式注射模	66
第七节 齿轮内条侧向抽芯注射模	67
第八节 直角式注射模	69
第九节 热流道注射模	70
第五章 注射模设计	74
第一节 注射模与注射机的关系	74
第二节 分型面的选择	79
第三节 浇注系统设计	81
第四节 成型零件的设计	91
第五节 机构设计	102
第六节 模具的加热与冷却	120
第七节 注射模结构示例	126
第六章 压缩模设计	131
第一节 概述	131
第二节 典型的压缩模结构	133
第三节 压缩模与压机的关系	134
第四节 压缩模零部件设计	140
第五节 压缩模设计实例	152
第七章 传递模设计	154

IV

第一节	概述	154
第二节	传递模结构设计	156
第八章	挤出模设计	163
第一节	概述	163
第二节	管材挤出成型机头	164
第三节	棒材挤出成型机头	168
第四节	吹塑薄膜机头	169
第五节	板材和片材挤出成型机头	170
第六节	异型材挤出成型机头	172
第七节	电线电缆挤出成型机头	174
参考文献	176

第一章 绪 论

第一节 塑料成型模具在工业生产中的地位

一、塑料模在工业生产中的重要性

模具是工业生产中用来成型具有一定形状和一定尺寸制品的重要工艺装备，是国民经济各部门发展的重要基础之一。塑料模是指用于成型塑料制件的模具，它是型腔模的一种类型。

模具设计水平的高低、制造力量的强弱、模具质量的好坏，直接影响着许多新产品的开发和老产品的更新换代，影响着产品质量的提高和经济效益的增加。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”，日本则称“模具是促进社会繁荣富裕的动力”。的确，没有高水平的模具工业，就没有高水平的机电工业。

塑料工业是一门新兴的工业，是随着石油工业的发展应运而生的。40年代，科学家研制成了聚氯乙烯、聚苯乙烯、高压聚乙烯等塑料；50年代研制成了低压聚乙烯等塑料；60年代，又相继把聚丙烯、ABS等塑料用于工业生产。近年来，塑料工业的发展更是日新月异，新的塑料品种不断涌现，几乎差不多每隔4~5年塑料的产量就会翻一番。塑料作为一种新的工程材料，其不断的开发与应用，成型工艺的不断成熟与完善，极大地促进了塑料成型模具的开发和制造。同时，机电工业的飞速发展，又不断地向塑料模具的设计、研制和生产提出新的任务和要求。由于工业塑件和日用塑件的品种和需求量日益增加，而且产品的更新换代周期越来越短，这对塑料的产量和质量提出越来越高的要求，因此，促进了塑料模具的生产不断地向前发展。到目前为止，塑料模具已处于同冷冲模具并驾齐驱的地位。

事实上，仪器仪表、家用电器、交通、通讯和轻工业等行业的产品零件中，有70%以上是采用模具加工而成的，就塑料加工工业而言，可以说没有塑料模具就没有塑料制件。据美日等工业先进国家的统计，近年来模具每年的产值已超过机床行业的产值。早在1982年，美国模具工业年产值已达57.7亿美元，机床产值为55亿美元；日本模具工业年产值为8600亿日元，机床产值为7842亿日元。据1989年统计，香港地区有模具厂5000多家，主要为电子工业、家用电器和玩具等行业生产模具，年出口模具有4万多套，其中有相当数量的塑料模具，年产值约4亿港元，约是我国当年出口模具的30倍。

近年来，我国各行各业对模具工业的发展十分重视。1989年3月12日国务院颁布了《当前产业政策要点的决定》，在重点支持技术改造的产业、产品中，把模具制造列为机械工业的第一位。我国“八五”期间将需要大量模具，模具年总产值将达45亿元左右，至2000年，预计年产值可达60亿元。

二、塑料成型模具的发展趋势

在现代塑料制件的生产中，合理的加工工艺、高效的设备、先进的模具是必不可少三项重要因素，尤其是塑料模具对实现塑料加工工艺要求、满足塑料制件的使用要求、对于降低塑料制件的成本起着重要的作用。一副质量好的注射模具可以成型上百万次，一副优良的

压缩模大约能生产25万件，但这同模具的设计及制造有着很大的关系。

从塑料模的设计制造角度出发，塑料模的发展趋势可以简单地归纳为以下几个方面。

(一) 加强理论研究

随着塑料制件的大型化和复杂化，模具的重量达数吨到十多吨，若凭借经验来设计模具，住住会因设计不当而造成模具报废，数十万元的费用将毁于一旦。所以设计模具已逐渐向理论计算方面发展，用理论来指导模具设计，从而提高模具的质量和塑料制件的质量。

(二) 采用自动化和高效率的模具结构

采用自动化和高效率的模具结构主要体现在广泛采用热流道浇注系统和自动脱出产品及浇注系统的脱模机构。采用热流道浇注系统的注射模，除了提高自动化程度外，由于不再有浇注系统的凝料，可节约大量的原材料，这对中、大型注射模意义特别重大。先进的模具结构与高速自动化的塑料成型机械相配合，对提高生产效率、降低生产成本有着很大的作用。

(三) 计算机技术在塑料模具设计、制造中的应用

随着塑料工业的飞速发展，塑料制件应用范围日趋扩大，对模具的要求越来越高，传统的模具设计与制造方法不能适应工业产品及时更新换代和提高质量的要求。为了适应这种变化，先进工业国家对模具计算机辅助工程计算(CAE)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)的技术开发非常重视。经过二十多年的努力，注射模CAE/CAD/CAM技术在80年代中期已进入了实用阶段。国外比较成熟的商品化注射模CAE/CAD/CAM软件有美国和意大利的塑料和计算机公司(Plastics & Computer Inc)的TMCONCEPT专家系统；澳大利亚模具流动公司(Moldflow PTY LTD)的注射流动和冷却分析的软件Moldflow；德国INV的CAD-MOULD系统等等。由于这些软件对注射过程中从流道平衡到熔体流动、保压和冷却各个注射工艺过程能进行全面的分析，因此为注射模的设计提供了依据，并可利用建立几何模型产生的数据生成NC纸带或输出NC数据，直接控制机床来加工模具。我国华中理工大学及上海交通大学等单位在塑料模的计算机辅助设计方面做了很多工作，并得到了一些成果。

采用CAD技术可以提高模具的质量、产品的尺寸精度。例如用有限元法来分析精密注射模由于温度场和压力场引起的应力分布，从而改进模具结构和冷却系统的设计，使模具有足够的刚度和很小的畸变。采用CAD/CAM，可以节省时间，提高生产率。与传统的模具制造方法相比，一般可缩短一半或更多的时间。采用CAD可以大幅度地降低成本，计算机的高速运算和绘图机的自动工作大大节省了劳动力，同时，优化设计带来了原材料的节省。CAD技术将设计人员从繁冗的计算和绘图工作中解放出来，使其可以从事更多的创造性劳动。所有这些将使CAD逐步取代传统的模具设计方法，最终将会在模具设计中居统治地位。

(四) 标准化

为了适应大规模成批生产塑料成型模具的需要，许多模具制造单位采用标准模架。上海和北京等地，均有塑料模架的标准。塑料模架的国家标准正在制订中。制造模具的厂家既可向有关厂家购买整副的标准模架，又可选购其中的某些标准化的零件，如导柱、导套、推杆、主流道衬套及模板等，这样对缩短模具制造周期效果特别明显。

第二节 塑料模具的分类

塑料模具分类的方法很多，按照塑料制件成型加工方法的不同可分为以下几类：

一、注射模

注射模又称注塑模。这种模具的成型工艺特点是，将塑料原料放置在注射机的加热料筒内，塑料受热熔融，在注射机的螺杆或柱塞推动下，经喷嘴和模具的浇注系统进入模具型腔，塑料在模具型腔内经保温、保压、冷却固化成型。由于加热加压装置能够分阶段发挥作用，注射成型不但能成型形状复杂的塑料制件，而且生产效率高、质量好。故注射成型在塑料制件成型中占有很大比重，注射模占塑料成型模具的一半以上。注射模主要用于热塑性塑料的成型，近年来也逐渐用于热固性塑料的成型。

二、压缩模

压缩模又称压制模或压胶模。这种模具的成型工艺特点是，将塑料原料直接加在敞开的模具型腔（加料室）内，然后合模，塑料在热和压力作用下呈熔融状态后，以一定压力充满型腔。此时，塑料的分子结构产生化学交联反应，逐渐硬化定型。压缩模多用于热固性塑料，其成型塑件大多用于电器开关的外壳和日常生活品。

三、传递模

传递模又称压注模或挤胶模。这种模具的成型工艺特点是，将塑料原料加入预热的加料室内，然后由压柱向加料室内的塑料原料施加压力，塑料在高温高压下熔融并通过模具的浇注系统进入型腔，然后发生化学交联反应而逐渐固化成型。传递成型工艺多用于热固性塑料，可以成型形状比较复杂的塑料制件。

四、挤出模

挤出模又称挤出机头。这种模具能连续生产断面形状相同的塑料，例如塑料管材、棒材、片材等。挤出机的加热加压装置与注射机的装置相同。熔融状态的塑料经过机头（其内孔形状与塑料制件形状相同）会形成连续不断的成型塑件，生产效率特别高。

除了上述所列举的几类塑料模具外，还有真空成型模、压缩空气成型模、吹塑模、低发泡塑料模等。它们分别用于塑料装饰用品或带有中空的容器类器具等，结构十分简单，这些类别的模具本书不作介绍。

第三节 怎样学习塑料模设计课程

塑料制件主要是靠成型模具获得的，而它的质量是靠模具型腔的正确形状、精确的尺寸和很小的粗糙度保证的。由于塑料成型工艺的飞速发展，模具结构日益趋于多功能化和复杂化，这对模具的设计工作提出了更高的要求。虽然塑料制件的质量与许多因素有关系，但合格的塑件首先取决于模具设计与制造的质量。世界经济发达国家已把模具作为机械制造的重要装备。近年来，我国也十分重视模具人才的培养，各类学校除继续成立模具专业外，机械制造专业也都增设模具设计课程，使传统的机械制造专业知识得以拓宽与更新，以适应现代科学技术的发展，满足社会的需求，因此，我们必须努力学好塑料模设计这门课程。

机械制造专业及其它专业的学生，通过学习本课程，达到以下几个方面的要求：

- (1) 了解各种常用塑料的性能及各种常用塑料在各类模具中成型的原理和成型工艺。
- (2) 能配合塑件的使用单位，根据塑料成型的特点进行一般塑料制件的工艺设计。
- (3) 掌握各类成型模具的典型结构特点以及设计计算方法，达到能够设计一般的塑料成型模具。

塑料模设计是一门新的学科，它又是一门实践性很强的课程。它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的，因此，学习本课程除了重视书本的理论学习外，特别应强调理论联系实际，进行现场教学。

塑料成型加工工业发展很快，塑料模具的各种结构也在不断地创新。我们在学习塑料模基本知识的同时，还应注意了解塑料模的新技术、新工艺、新材料不断发展的动态，为振兴我国的塑料成型加工工业，为赶超世界先进水平作出贡献。

第三章 塑料概论

第一节 塑料的基本概念

一、塑料的组成及特点

塑料是一种以合成树脂为主要成分，加入增塑剂、润滑剂、稳定剂及填料等制成的高分子有机化合物。在一定的温度和压力条件下，可以用模具成型具有一定形状和尺寸的塑料制件。当外力解除后，在常温下仍能使形状保持不变。

因此，塑料有两个特点：第一个特点是它的主要成分是高分子合成树脂；第二个特点是在一定的温度下具有可塑性。塑料的第一个特点说明塑料的主要性能取决于树脂的特性；第二个特点决定了塑料能比较容易地成型各种形状的塑料制件。复杂组分的塑料以树脂、填料、增塑剂为其主要成分，另外还加入染料、润滑剂、促进剂等。

(一) 树脂 塑料的主要成分加以粘合。

树脂有天然树脂、合成树脂、纤维素脂及醚类、沥青等。其作用是将塑料的其它组分加以粘合，并决定塑料的主要性能，如物理性能、化学性能、力学性能及电性能等。塑料中的树脂含量为40%~100%。

(二) 填充剂 (填料)

用作填充剂的物质一般有木粉、纤维、纸及棉屑、硅石、云母、硅藻土、石棉、玻璃纤维等。加入填充剂一般有两个目的，一是为了降低成本，在合成树脂中掺入一些廉价的填料，如碳酸钙等；二是为了改造塑料的某些性能，如硬度、刚度、冲击韧性、电性能、耐热性、蠕变性、加工收缩变形性等。其含量一般占20%~50%。

(三) 增塑剂

常用的增塑剂有：樟脑、邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、丙三醇三乙酸酯等。增塑剂要求无色、无毒、具有较低的挥发性并能与树脂混溶，还需要考虑它对光、热的稳定性、无渗出性及电绝缘性、抗化学腐蚀及经济性等。增塑剂的主要作用是提高塑料的塑性、流动性和柔软性，降低其刚性和脆性，提高易加工性。

(四) 稳定剂

为了抑制和防止塑料在加工和使用过程中因受热、光及氧等作用而分解变质，以使加工顺利并保证塑件具有一定的使用寿命，在塑料中加入稳定剂。常用的稳定剂有硬脂酸盐类、铅化合物及环氧化合物等。

(五) 染料

塑料中用的染料一般分为有机染料和无机染料，天然染料和人造染料，可溶性染料和不可溶性染料。染料应容易着色，与塑料中的其它组分不起化学变化。成型加工中或成型后在空气中稳定不变。塑料中加各种染料可使塑料制件增加美观度。

(六) 润滑剂

润滑剂对塑料表面起润滑作用，防止塑料在成型加工过程中粘附在模具上。同时，添加润滑剂还可以提高塑料的流动性，便于成型加工，并使塑料制件表面更加光滑。塑料中润滑剂加入量一般为0.5%~1.5%。

二、塑料的分类

一般塑料在恒压下，根据受热温度的差别，存在着三种状态，如图2-1所示，即玻璃态（温度低于玻璃化温度 T_g ）、高弹态（温度高于 T_g ，低于熔融温度 T_f 或 T_m ）和粘流态（亦称塑化态，温度高于 T_f 或 T_m ，低于分解温度 T_d ）。温度再升高（高于 T_d ），塑料开始因降解或分解而变质。

玻璃态的特征，是在受恒定的外力作用下，形变很小，但随着温度的升高形变量直线增加，而当外力解除和温度下降后，形变随之消失。这是因为在形变时，只限于分子间距离的改变，导致塑料制件体积的变化，并不改变分子结构的排列。

高弹态的特征，是在受恒定的外力作用下，形变很大，初始时，形变随温度的升高而增加，到一定限度后即变为恒定值。在这里，塑料形状的改变是因为链状分子的个别链节发生了变动，但它们在分子结构中的总的排列顺序上依然如故。

粘流态的特征，是即使在外力解除后，形变仍不消失，已变形的塑料，随遇而安。分子间的排列次序和原有的情况相比较，发生了根本性的变化。

按塑料受热后的表现，可以将塑料分成热塑性塑料和热固性塑料两大类。

热塑性塑料是由可以多次反复加热而仍具有可塑性的合成树脂制得的塑料；热固性塑料是由加热硬化的合成树脂制得的塑料。这两类塑料的性质是由其结构决定的。热塑性塑料的合成树脂分子结构呈线型或支链型，比较容易活动，受热时分子间可以相互移动，具有较好的塑性。固化成型后如再加热，又可变软，可如此反复进行多次。热固性塑料的合成树脂分子结构呈网状，加热初期具有一定的可塑性，软化后可制成各种形状的塑料制件。但过一段时间，随着网状交联的逐渐形成，便会固化而失去塑性，冷却后再加热也不会软化。再受高温即被分解破坏。

常见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)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)(PMMA)、聚酰胺(尼龙)(PA)、聚甲醛(POM)、聚碳酸酯(PC)、聚苯醚(PPO)、聚砜(PSF)、聚四氟乙烯(PTFE)、氯化聚醚(CPT)等。这类塑料可进行反复回用。

常见的热固性塑料有酚醛、脲醛、三聚氰胺甲醛、不饱和聚酯、呋喃、聚硅醚、聚邻苯二甲酸二丙烯酯等。这类塑料有较高的耐热性和受压不变形性。但一旦毁坏便不能回收利用。

三、塑料的成型工艺特性

塑料的成型工艺特性是塑料在成型加工过程中表现出来的特有性质。模具设计者必须对塑料的成型工艺特性有充分的了解。

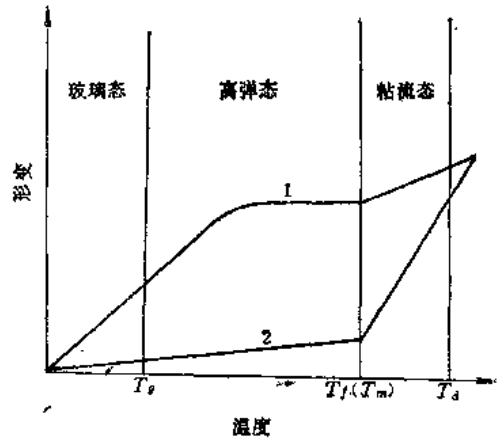


图2-1 塑料状态与温度关系
1—非结晶形塑料 2—结晶形塑料

(一) 流动性

塑料在一定的温度、压力作用下，能够充满型腔的性能，称为塑料的流动性。塑料的流动性差，就不易充满型腔，因此需要较大的成型压力才能成型。相反，塑料的流动性好，可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好，会使塑料在成型时产生严重的溢边、凹边。

流动性的大小与塑料的分子结构有关。具有线型分子而没有或很少有交联结构的树脂流动性大。塑料中加入填料，会降低树脂的流动性。如加入增塑剂和润滑剂，则可增加塑料的流动性。对于热塑性塑料，常用熔融流动指数来表示其流动特性，在熔融流动指数试验装置的加热料筒中放入定量的样品，按树脂品种规定其加热温度与加压条件。其结果，是从加热料筒底部的细孔挤出熔融的树脂，并求出挤出量(g/10min)，以此定义为熔融流动指数，也可称为熔融流动率，作为评定材料流动特性的标准。熔融流动指数大，则流动性好。也可用螺旋线流动长度来衡量其流动性。将开设有螺旋形状槽()的模具(图2-2)，安装在成型机上，在一定的温度、压力条件下，使熔融材料注射进模槽中，制成蚊香一样形状的制品。螺旋线的总长度，即以树脂流动的距离来表示树脂的流动特性。下面是一些常用热塑性塑料的流动性情况：

- 1) 流动性好：尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素。
- 2) 流动性中等：改性聚苯乙烯(如ABS、AS)、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚酯。
- 3) 流动性差：聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、聚芳砜、氟塑料。

对于热固性塑料，通常以拉西格流动值来表示。它是在拉西格模(图2-3)中测定的。将一定重量的欲测塑料预压成圆锭，将圆锭放入压模中，在一定的温度和压力下，测定它挤入压模小孔中的长度，即为拉西格流动值。数值大，则流动性好。

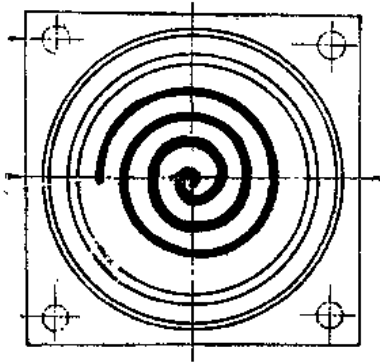


图2-2 螺旋形流动模具

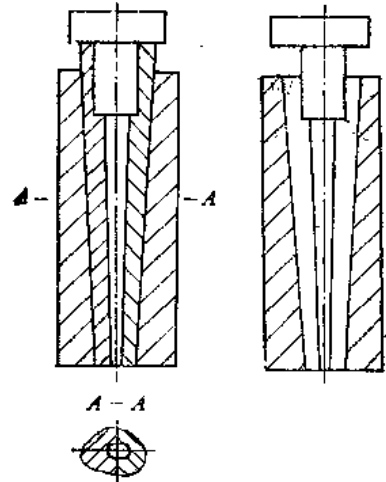


图2-3 拉西格压模

每一品种的塑料，分为三个不同等级的流动性。

- 1) 第一级 拉西格流动值为100~130mm，适用于压制无嵌件的、形状简单的一般厚度制件。
- 2) 第二级 拉西格流动值为131~150mm，用于压制中等复杂程度的制件。
- 3) 第三级 拉西格流动值为151~180mm，可用于压制结构复杂、型腔很深、嵌件较多的薄壁制件，或用于传递成型。

个别热固性塑料的拉西格值在200mm以上的,可用于注射成型。

(二) 收缩性

塑料制品从模具中取出冷却到室温后16~24h,发生尺寸收缩的特性,称为收缩性。由于塑件的收缩性,使塑件的尺寸与模具型腔的尺寸不相符合。塑料制件的成型收缩值可用计算收缩率来表示:

$$k_{\text{收}} = \frac{a - b}{b} \times 100\%$$

式中 $k_{\text{收}}$ ——计算收缩率;

a ——型腔在常温下的实际尺寸;

b ——塑件在常温下的实际尺寸。

1. 造成成型收缩的原因

(1) 热胀冷缩 塑件成型后由成型温度冷却到室温时,会产生收缩现象。热收缩与模具温度成正比,是成型收缩中主要的收缩因素之一。

(2) 因弹性回复造成的收缩 塑料制件从模具中取出后,作用于塑件上的压力消失,由于弹性回复,会造成塑件体积的负收缩(膨胀)。

(3) 结晶收缩 热塑性塑料有结晶型和非结晶型两种。结晶型塑料在成型后的冷却过程中进行结晶,伴随着结晶而引起体积收缩。和金属不同的是,对结晶型塑料,结晶度不是100%,而是随着冷却速度而发生变化的。冷却速度越慢、结晶度越高,体积收缩越大,同时,热膨胀系数变小。对于结晶型塑料来说,结晶引起的体积收缩远比热收缩大。

(4) 由分子定向缓和造成的收缩 熔融状态的热塑性塑料在注入模具型腔的时候,塑料中的纤维和分子沿着流动方向定向拉直,有序排列。而在冷却过程中,这些分子要恢复到原来状态而引起收缩,即定向收缩。图2-4所示为注射成型过程中由于熔融塑料的流动而形成大分子取向的模型。对于分子定向性强的材料,其成型收缩率通常在流动方向上大,在垂直于流动的方向上小。

塑料制件中分子的定向情况根据制件的形状和浇口设置的不同而不同(图2-5所示)。图2-6为玻璃纤维增强聚碳酸酯的成型收缩率举例。从图中可以看出,由于塑料制件内各处的塑料分子定向不同,其成型收缩也各不相同。

2. 影响收缩率变化的因素 在实际成型时,不同品种的塑料其收缩率各不相同。不同批的同种塑料或同一塑件的不同部位其收缩值也各不相同。用定性的方法研究,影响收缩率变化的因素主要有:

(1) 塑料品种和塑件形状 塑料品种不同,其收缩率也各不相同。同种塑料由于其各种组分的比例不同,分子量大小不同,收缩率也不相同。热塑性塑料成型过程中还存在结晶化引起的体积变化,塑料分子的定向收缩等,其收缩率一般比热固性塑料大,方向性也较明显。热塑性增强塑料的成型收缩比普通塑料小,但各向异性大,沿料流方向收缩小,垂直料流方

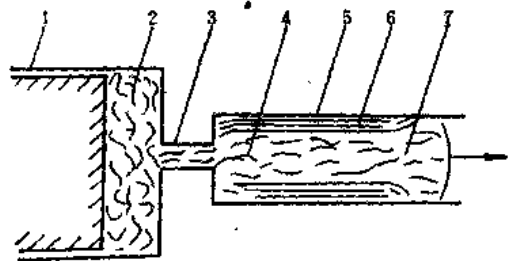


图2-4 注射成型中由于塑料流动而形成分子定向的模型

1—注射成型机 2—缠绕在一起的树脂分子
3—浇注系统 4—因取向拉伸的树脂分子
5—模具模腔内壁 6—沿模壁流动很慢的树脂分子(取向明显的部分) 7—中心部分的树脂分子流速快(取向小的部分)

向大，进料口附近小，远处大，如图2-6所示。

塑件的形状、壁厚、有无嵌件对收缩大小都有很大的影响。一般地说，塑件的形状复杂、尺寸较小，壁薄且有嵌件或较多型孔的塑件，其收缩率较小。

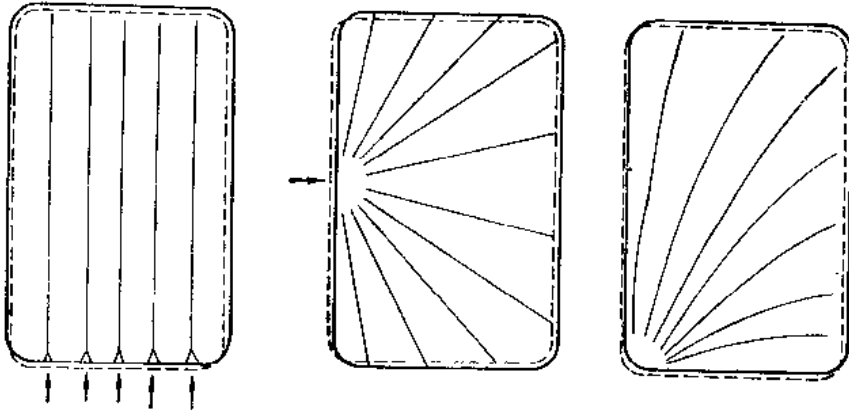


图2-5 浇口位置与流动取向
→表示浇口位置 - - - -表示冷却收缩后的形变

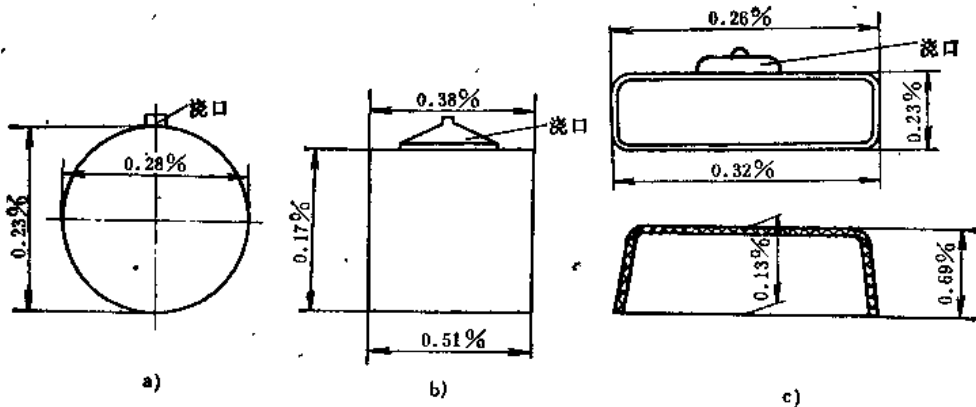


图2-6 聚碳酸酯制品成型收缩率的差异

a) 圆板 $\phi 120\text{mm} \times 3\text{mm}$ b) 平板 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ c) 盖子 $153\text{mm} \times 44\text{mm} \times 55\text{mm}$ (壁厚 2mm)

(2) 模具结构 模具的分型面及加压方向，浇注系统的形式、尺寸对收缩率影响较大。压塑成型时，在加压方向的收缩率较小，直接进料口的截面大，浇口硬化缓慢，在塑料还处于可流动状态下仍可继续施加压力，使塑料致密性提高，成型收缩率小；反之，当浇口的厚度过小时，浇口部分会过早凝结硬化，型腔内的塑料收缩后得不到及时补充，收缩较大。点浇口凝封快，在制件条件允许的情况下，可设多点浇口，能有效地延长保压时间和增大型腔压力，使收缩率减小。

(3) 成型压力 成型时注射压力高，塑料的弹性恢复大，成型收缩率小。但即使对于同一塑料制件来说，模具型腔内熔料的压力在各部分也并不一致，在注射压力难于作用的部位和容易作用的部位，所受注射压力也不一样。此外，一模多腔模的各模腔所受的压力应设计均匀，否则会产生各型腔的制件收缩率之差。图2-7所示为聚丙烯和共聚甲醛的收缩率与成型压力之间的关系曲线。

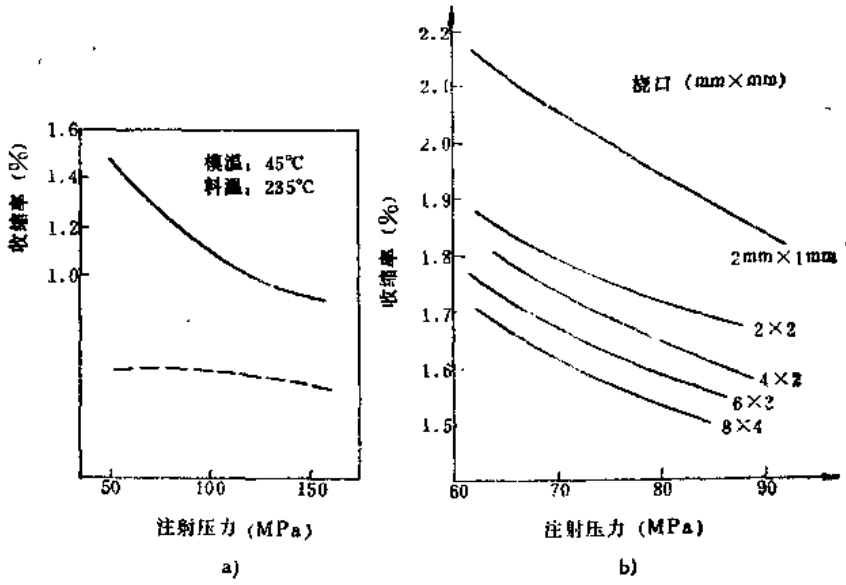


图2-7 成型压力与收缩率之间的关系
a) 聚丙烯 b) 共聚甲醛

(4) 成型温度与模具温度 成型时注射温度高，热胀冷缩大，收缩率大。但熔料温度高，型腔内熔料密度大，可能使收缩率变小。成型收缩率的变化表现为这些因素的综合结果。模具温度高，塑件脱模后热收缩量增大，收缩率变大。图 2-8 所示为高密度聚乙烯、聚丙烯、抗冲击聚苯乙烯的成型收缩率和料筒温度、模具温度之间的关系。

(5) 成型时间 注射成型时间是指注射机螺杆在前进中压缩熔体物料充满模具型腔，并且包括维持注射压力的时间；压缩成型时间是指在加压力下将装有一定量塑料并预热至一定温度的压缩模合模，并保压一定时间，使热固性塑料制件固化成型的时间；传递成型时间是指柱塞将加料室中的熔融塑料经流道而压入已闭合的加热到一定温度的模具型腔内，塑料在模腔中固化成型的时间。图2-9所示为尼龙66和聚甲醛的注射成型时间与收缩率和塑件重量的关系。注射到某时间，塑件重量增加，收缩率减小。然而，当注射时间达到或超过某时间时，即使再延长注射时间，塑件重量和收缩率也不再变化。这是因为浇口在此时已被凝封的缘故。在浇口凝封后延长注射时间不但不起作用，反而使生产效率降低。因此，改变浇口厚度，可以控制浇口凝封时间，从而对塑件的收缩率产生一定的影响。

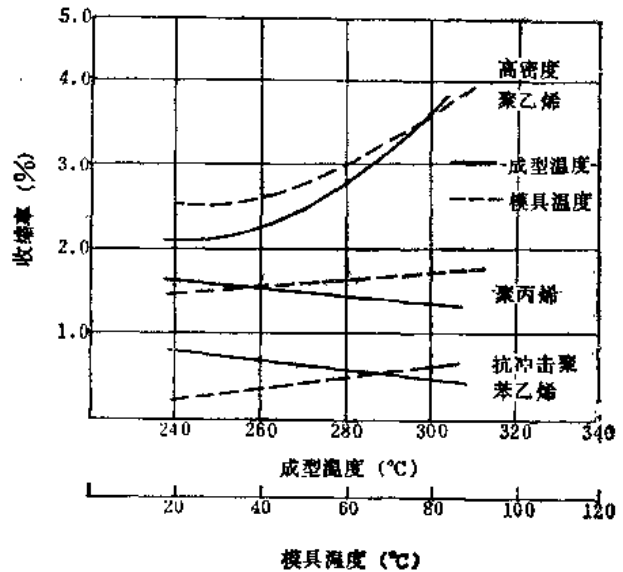


图2-8 高密度聚乙烯、聚丙烯、抗冲击聚苯乙烯的成型收缩率和成型温度、模具温度之间的关系
试样：注射成型冲材 厚度2mm

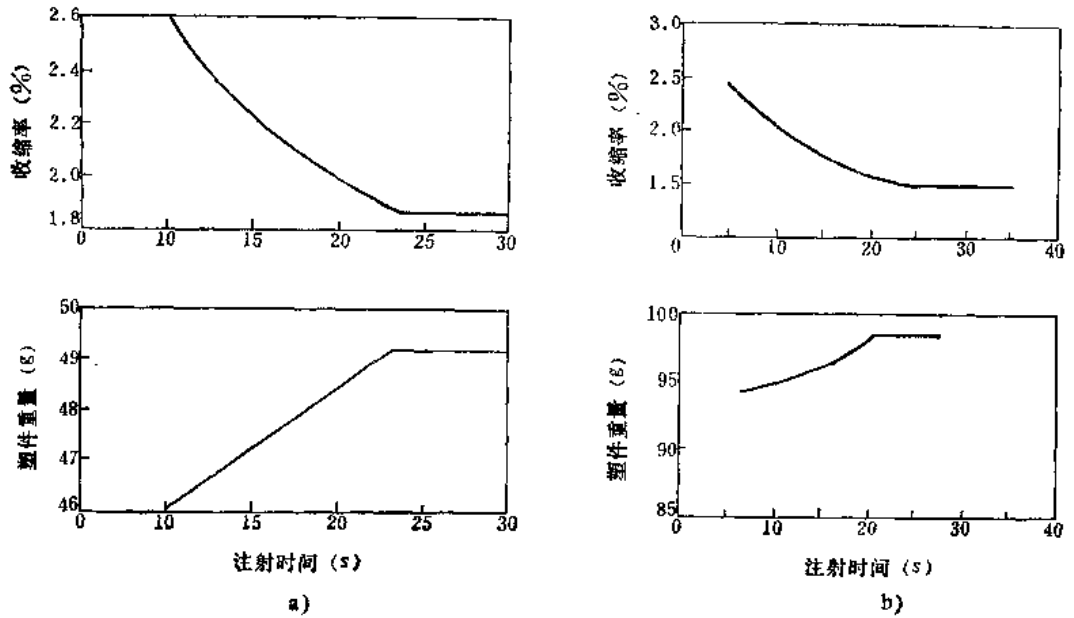


图2-9 注射时间与制品重量和收缩率的关系

a) 尼龙66 b) 聚甲基

(6) 冷却时间 冷却时间长, 收缩率有变小的倾向。对于非结晶型塑料来说, 冷却时间对制品收缩的影响不大; 然而对于结晶型塑料, 若冷却时间长, 结晶得以充分进行, 结晶度增加, 使制品的收缩率增大。一般来说, 冷却时间长, 冷却可得到均匀进行, 模具内的物料得以充分固化, 从模内脱出的制品尺寸与模腔尺寸接近, 因而收缩率变小。

常用塑料的成型收缩率见表2-1。

表2-1 常用塑料的成型收缩率

塑料名称		填料(或增强材料)	计算收缩率(%)	
热固性塑料	酚醛树脂	木粉, 棉纤维	0.4~1.0	
	酚醛树脂	玻璃纤维	0.01~0.4	
	脲醛树脂	α -纤维素	0.4~0.8	
	三聚氰胺树脂	α -纤维素	0.3~0.6	
热塑性塑料	结晶型	聚乙烯	—	1.5~3.6
		聚丙烯	—	1.0~2.5
		聚甲基	—	1.2~3.0
		尼龙1010	—	0.5~4.0
		尼龙6	—	0.8~2.5
		尼龙66	—	1.5~2.2
		尼龙610	—	1.2~2.0
		尼龙9	—	1.5~2.5
		尼龙11	—	1.2~1.5