



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业院校模具设计与制造专业教学用书

塑料成型工艺 与模具结构

◎ 邓万国 主编 ◎ 王智峰 副主编

第2版

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业院校模具设计与制造专业教学用书

塑料成型工艺与模具结构

(第2版)

主 编 邓万国
副主编 王智峰
参 编 汪立胜 张志伟
主 审 宋小春 韩森和

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,内容包括塑料概述、塑料的模塑(注射模塑、压缩模塑、压注模塑)工艺、塑料制品的工艺性、塑料模的分类和注射模及压缩模等模具的结构,可作为中等职业学校模塑工艺与模具结构专业教学用书。第2版的修订中,主要增加了第4章的3个实用模块,并增加了第6章有关模具 CAD/CAE/CAM 的简介等内容。增加的模块中,主要有带自动脱螺纹的模具结构、热板式热流道的模具结构和模具的制造工艺等内容。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具结构 / 邓万国主编. —2版. —北京:电子工业出版社, 2012.6

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 职业院校模具设计与制造专业教学用书

ISBN 978-7-121-17345-5

I. ①塑… II. ①邓… III. ①塑料成型—生产工艺—中等专业学校—教材②塑料模具—结构—中等专业学校—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 125165 号

策划编辑:张 凌

责任编辑:张 凌 特约编辑:王 燕

印 刷:

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12 字数:307.2 千字

印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

再版前言



本书是为中等职业学校、技工学校、高级技工学校和技师学院模具制造技术、模具设计与制造专业、塑料成型加工专业的学生及生产一线从事塑料模具设计、塑料制品结构设计和塑料模具制造的技术人员所编写的一本实用性的教材。其主要特色为：

1. 合理地编排教材内容

本书在内容上进行了合理的安排，从塑料的性能、塑料的成型工艺、塑料制品的结构工艺性及模具结构等方面，系统地阐述了塑料的成型工艺过程和塑料模具的具体结构等相关知识，内容由浅入深，循序渐进。

2. 采用案例教学方法

本书在编写的形式上与传统的教材有所不同，尤其是关于塑料模具结构章节，以案例的形式，选择了实际生产中已使用的具有典型结构的塑料模具类型，详细地解读了塑料模具的具体结构和工作原理，并从模具的开模状态、成型零件的结构特点、浇注系统、排气系统、冷却系统和脱模机构等方面进行了详细的说明。同时还对标准模架的结构及常用的标准件作了相应的阐述。这种案例教学的编写形式，使学习者可从模具的整体结构入手，由浅入深地了解模具的具体结构及其对塑料成型工艺的影响，全面、系统地掌握模塑成型工艺与模具结构的相关知识，培养分析问题和解决问题的能力。

3. 文字精炼，图文并茂

本书对各个章节的内容采用了文字描绘与图形表达相结合的方式。其文字讲解是针对具体的图形来进行阐述的，达到了文字精炼、图文并茂的良好效果。

本书由广东省技师学院邓万国老师担任主编，并编写了第4、5章及统稿，广东省惠州工业科技学校王智峰老师任副主编并编写第1、2章，广东省技师学院汪立胜老师编写了第3章，第2版的修订中，在保持原来风格的基础上，除更改了一些错误外，主要增加了第4章的3个实用案例模块，并增加了第6章有关模具CAD/CAE/CAM的简介内容。

在增加的实用案例模块中，主要有带自动脱螺纹的模具结构、热板式热流道的模具结构，使教材所选用的模具类型更加完整。尤其是这两种类型的塑料模具，在结构上比较复杂，在企业中又比较实用，是学生不得不需要了解的内容。此外，还增加了一副有关制造工艺内容的模具，该模块对模具的各主要零件的结构和制造工艺过程作了比较详细的描述，这对从事模具制造专业的学生来说，在了解模具结构的同时，又能了解模具制造的相关工艺内容，是非常必要也是非常重要的。

此次修订的主要内容，由邓万国老师编写完成。在编写过程中，得到了广东省技师学院和广东省惠州工业科技学校领导的大力支持。在此表示衷心的感谢。

本书经华南理工大学宋小春和武汉职业技术学院韩森和教授主审，经教育部审批，列为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

由于编者水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请使用本教材的读者给予批评指正。

为了方便教学，本书配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）下载或与电子工业出版社联系，我们将免费提供，E-mail:hxedu@phei.com.cn。

编 者
2012 年 4 月

目 录

第 1 章 塑料概述	1
1.1 塑料的组成及分类	1
1.1.1 塑料的主要成分	1
1.1.2 塑料的几种物料形式	2
1.1.3 塑料分类	3
1.2 塑料的性能	4
1.2.1 塑料的使用性能	4
1.2.2 塑料的工艺性能	5
习题 1	13
第 2 章 塑料的模塑工艺	15
2.1 注射模塑工艺	15
2.1.1 注射模塑原理	15
2.1.2 注射成型工艺过程	17
2.1.3 注射模塑工艺条件的选择和控制	19
2.2 注射机与注射模具的关系	23
2.2.1 注射机的组成及工作原理	23
2.2.2 注射机的参数与模具的关系	23
2.3 压缩模塑工艺	28
2.3.1 压缩模塑概述	28
2.3.2 压缩模塑工艺流程	30
2.3.3 压缩模塑工艺条件	32
2.4 压注模塑工艺	37
习题 2	38
第 3 章 塑料制品的工艺	40
3.1 塑料制品的结构工艺特点	40
3.1.1 塑料制品的尺寸、尺寸公差	40
3.1.2 脱模斜度	42
3.1.3 表面质量与缺陷及表面整饰	44
3.1.4 塑料制品的壁厚	45
3.1.5 圆角	47
3.1.6 支承面	47
3.1.7 加强筋及加强结构	48
3.1.8 孔	49
3.2 典型零件的结构工艺性	52
3.2.1 塑料制品上的螺纹	52

3.2.2	塑料齿轮	53
3.2.3	铰链的设计	55
3.2.4	带嵌件的塑料制品	56
3.2.5	标记、符号及文字	60
习题 3		60
第 4 章 塑料模的分类和注射模的结构		61
4.1	塑料模的分类	61
4.2	盖柄注射塑料模	62
4.2.1	盖柄注射塑料模结构	63
4.2.2	模具的结构组成和工作过程	64
4.2.3	产品零件的结构特点及分型面的选择	65
4.2.4	模具成型零件的结构形式	67
4.2.5	模具的浇道系统	69
4.2.6	模具的标准模架的选择	73
4.2.7	模具的温度控制系统	75
4.2.8	模具的推出机构	75
4.2.9	模具其他标准零件的选用	77
4.3	透明盒盖注射塑料模	78
4.3.1	模具的结构组成和工作过程	78
4.3.2	产品零件的结构特点	80
4.3.3	模具的成型零件	81
4.3.4	模具的浇道系统	81
4.3.5	模具所用标准模架的结构	84
4.3.6	模具的温度控制系统	85
4.3.7	模具的顶出系统	85
4.4	热固性塑料手柄注射模	87
4.4.1	概述	87
4.4.2	塑件工艺分析	87
4.4.3	模具结构及其工作过程	88
4.4.4	模具的成型零件	90
4.4.5	模具的浇道系统	90
4.4.6	模具所用标准模架的结构	92
4.4.7	模具的排气系统设计	92
4.4.8	模具的顶出脱模机构	93
4.4.9	模具在注射成型过程的注意事项	93
4.5	大水口透明塑料盒注射模	93
4.5.1	概述	93
4.5.2	塑件工艺分析	94
4.5.3	模具结构及其工作过程	94
4.5.4	模具的成型零件	95

4.5.5	模具的标准模架的选择	97
4.5.6	模具的冷却和排气系统	98
4.5.7	模具的顶出脱模机构	98
4.6	塑料手柄注射模	99
4.6.1	产品结构工艺分析	99
4.6.2	模具结构及其工作过程	100
4.6.3	模具的成型零件	101
4.6.4	模具的冷却系统	102
4.6.5	模具的浇注系统	102
4.6.6	斜导柱侧向分型抽芯机构	103
4.6.7	模具的标准模架	106
4.6.8	模具的排气系统和顶出机构	106
4.7	电器盒面盖注射模	107
4.7.1	概述	107
4.7.2	产品结构工艺分析	108
4.7.3	模具结构及其工作过程	108
4.7.4	模具的成型零件	109
4.7.5	模具的浇注系统	111
4.7.6	模具的冷却循环系统	112
4.7.7	模具的标准模架	112
4.7.8	模具的顶出和排气系统	113
4.7.9	模具的其他零件	113
4.8	灯头接线盒罩自动脱螺纹注射模	114
4.8.1	概述	114
4.8.2	产品结构工艺分析	114
4.8.3	模具的结构组成及其工作过程	115
4.8.4	模具的成型零件	117
4.8.5	模具的浇注系统	118
4.8.6	模具的冷却循环系统和排气系统	118
4.8.7	模具的脱模机构	118
4.8.8	模具的精确定位机构	120
4.9	插座面板热流道注塑模	121
4.9.1	概述	121
4.9.2	产品结构工艺性	121
4.9.3	模具的结构及其工作过程	122
4.9.4	模具的热流道浇注系统	123
4.9.5	模具的成型零部件	125
4.10	透明塑料罩壳注射模结构及制造工艺	126
4.10.1	透明塑料罩壳注射模结构	126
4.10.2	透明塑料罩壳注射模制造工艺	134

习题 4	143
第 5 章 其他塑料模具结构	146
5.1 压缩模的结构	146
5.1.1 固定式压缩模	146
5.1.2 移动式压缩模	148
5.1.3 半固定式压缩模	149
5.2 压注模的结构	149
5.2.1 移动式料槽压注模	150
5.2.2 固定式料槽压注模	152
5.2.3 压注模的结构组成	153
5.3 挤出模结构	154
5.4 中空吹塑模具结构	156
习题 5	159
第 6 章 模具 CAD/CAE/CAM 简介	161
6.1 模具 CAD	161
6.1.1 模具 CAD 的内容	161
6.1.2 模具 CAD 的功能特点	162
6.1.3 注射模二维 CAD 系统	163
6.1.4 注射模三维 CAD 系统	164
6.2 模具 CAE	165
6.3 模具 CAM	166
习题 6	167
附录 A 常用热塑性塑料注射成型的工艺参数	169
附录 B 常用热塑性塑料的主要技术指标	172
附录 C 常用热固性塑料模塑成型工艺参数	175
附录 D 常用热固性塑料的主要技术指标	177
附录 E 塑料制品尺寸公差数值表 (GB/T 14486—1993)	180
参考文献	182

塑料概述

1.1 塑料的组成及分类

塑料一般由树脂和添加剂组成，树脂在塑料中起决定性作用。添加剂对塑料也有非常重要的影响。有些塑料（如聚四氟乙烯）在树脂中不加任何添加剂，树脂就是塑料。但大多数塑料若不加添加剂，就没有实用价值。例如，酚醛塑料必须加填充剂，聚氯乙烯必须加稳定剂，硝化纤维素必须加增塑剂等。所以，我们可以根据塑料的不同用途和不同的性能要求，适当地在树脂中加入一定量的添加剂，来获取某种性能的塑料。

1.1.1 塑料的主要成分

1. 树脂

树脂属于高分子化合物，称为高聚物，是塑料中主要的、必不可少的成分。它决定塑料的类型，影响塑料的基本性能。简单组分的塑料中树脂含量高达 90%~100%，复杂组分的塑料中树脂含量也在 40%~60%。

树脂可分为天然树脂和合成树脂两种。天然树脂有的是从树木中分泌出来的，如松香；有的是昆虫的分泌物，如虫胶。合成树脂是用人工合成的方法按天然树脂的分子结构制成的树脂，例如，环氧树脂、聚乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。天然树脂产量有限，性能较差，远远不能满足工业生产的需要，因此在生产中，一般采用合成树脂。

2. 添加剂

(1) 填充剂。填充剂又称填料，是塑料中重要的组成成分，但并非在每一种塑料中都是必不可少的。填充剂可分为有机填充剂和无机填充剂。填充剂在塑料中的作用有两种：一种是为了减少树脂的含量，降低塑料成本，起增量的作用，在塑料中加入一些廉价的填充剂；另一种是既起增量的作用——降低塑料成本，又能改善塑料性能——扩大塑料的应用范围。例如，在聚乙烯、聚氯乙烯中加入碳酸钙填充剂，使其成型为具有足够的刚性和耐热性的钙塑料。再如，加入玻璃纤维，能使塑料的力学性能大幅度提高；加入石棉可以提高耐热性等。

填充剂的形状有粉状、纤维状和层（片）状。粉状填充剂有木粉、纸浆、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、石墨等；纤维状填充剂有棉花、亚麻玻璃纤维、金属丝等；层（片）状填充剂有纸张、棉布、麻布、玻璃布等。

(2) 增塑剂。对于一些可塑性小、柔软性差的树脂,加入增塑剂可以使塑料的塑性、流动性和柔韧性得到改善,并可降低刚性和脆性。增塑剂一般为高沸点液态和低熔点固态的有机化合物,要求与树脂相容性好、不易挥发、化学稳定性好、耐热、无色、无臭、无毒、价廉。常用的增塑剂有樟脑、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、癸二酸二丁酯等。

(3) 着色剂。着色剂主要是使塑料具有不同的颜色,起装饰美观作用,有的着色剂还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。着色剂包括颜料和染料。颜料又分为无机颜料和有机颜料。无机颜料是不溶性的固态有色物质,它在塑料中分散成微粒而着色,例如,钛白粉、铬粉、镉红、群青等。其着色能力、透明性和鲜艳性较差,但耐光性、耐热性和化学稳定性较好。染料可溶于树脂中,有强烈的着色能力,且色泽鲜艳,但耐光性、耐热性和化学稳定性较差,如分散红、士林黄、士林蓝等。有机颜料的特性介于染料与无机颜料之间,如联苯胺黄、酞青蓝等。



提示

在塑料中加入珠光色料、磷光色料和荧光色料,还可使塑料具有特殊的光学性能。

(4) 润滑剂。润滑剂的作用是防止塑料在成型过程中粘在模具上(简称粘模),同时还能改善塑料的流动性并提高塑件表面光泽度。常用的热塑性塑料中一般都要加入润滑剂,常用润滑剂有硬脂酸、石蜡和金属皂类(硬脂酸钙、硬脂酸锌)等。

(5) 稳定剂。高分子化合物,在热、力、氧、水、光、射线等作用下,大分子链或化学结构发生分解变化的反应,称为降解。为了防止或抑制降解,需在树脂中加入稳定剂。稳定剂可分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂。

① 热稳定剂:抑制和防止树脂在加工或使用过程中受热而降解。例如,聚氯乙烯,其成型温度高于降解温度或当加工温度大于 100°C 时,高分子开始产生分解,放出氯化氢,颜色开始变成黄色、棕色至黑色,性能变脆,产品没有使用价值。加入热稳定剂后,可防止上述现象的发生,保证塑料顺利成型并延长其使用寿命。常用的热稳定剂是三盐基性硫酸铝、硬脂酸钡等。

② 光稳定剂:阻止树脂由于受到光的作用而引起的降解,从而使塑料变色,力学性能下降。光稳定剂种类很多,有紫外线吸收剂、光屏蔽剂等,常用的有 2-羟基-4-甲氧基二苯甲酮紫外线吸收剂。

③ 抗氧化剂:防止树脂在加工、储存和使用过程中发生氧化,导致树脂降解而失去使用价值。常用的抗氧化剂是 2·6-二叔丁基。

塑料添加剂除了上述几种,还有阻燃剂、发泡剂、抗静电剂等。

1.1.2 塑料的几种物料形式

根据塑料成型需要,工业上常用于成型的塑料有粉料、粒料、溶液和分散体四种。无论哪一种物料,一般都或多或少地加入了各种添加剂,不是单纯的树脂。

1. 粉料和粒料

粉料的配制是将一定配比的树脂和添加剂粉碎,并在混合设备中按一定的工艺混合即可。粒料是将已混合好的粉料置于塑炼设备中,借助于加热和剪切应力作用使之熔融,驱出挥发物与杂质,进一步分散粉料中的不均匀成分,再通过粒化设备使之成为粒料。粉料和粒

料由于充分混合,有利于成型后得到性能一致的产品,同时有利于装卸、计量和成型操作,其中,粒料更有利于成型性能一致的产品,所以一般的成型工艺均采用粒料。

2. 溶液

溶液是将树脂溶于脂类、醚类和醇类溶剂中,再加入一些增塑剂、稳定型、色料和稀释剂等。溶液的形成分为两种,一种是在合成树脂时特意制成,另一种是在使用时通过配制设备用一定的方法临时配制。用溶液制成的产品,其中并不含溶剂,溶剂在生产过程中已挥发掉了,构成塑料制品的主要成分是树脂和添加剂。溶剂只是为了加工需要而加入的一种助剂。溶液状的塑料主要是用于流涎法生产薄膜、胶片及浇铸制品时使用。

3. 分散体

分散体是树脂与非水液体形成的悬浮体,统称为溶胶塑料或“糊”塑料。非水液体又称分散剂,包括增塑剂和挥发性溶剂两类。配制溶胶料的方法是将树脂、分散剂和其他添加剂一起加入球磨机中进行混合。分散体主要用于搪塑、滚塑及涂层制品(如人造革)等方面。

1.1.3 塑料分类

塑料品种很多,有上千种,其分类方法也很多,但主要有两种分类方法。

1. 按树脂的分子结构及热性能分类

(1) 热塑性塑料:此类塑料的分子呈线型或支链型结构。加热时软化并熔融,成为可流动的黏稠物体(熔体),成型为一定形状冷却后成为固体,并保持已成型的形状。如果再次加热,又可以软化并熔融,可再次成型,并可反复多次使用。在熔化、成型过程中只有物理变化而无化学变化。所以,热塑性塑料的边角料(水口料)及废品可以回收并掺入原料中再次使用。

(2) 热固性塑料:此类塑料的分子最终呈体型结构。它在受热之初,分子呈线型结构,故具有可塑性和可熔性,可成型为一定形状,当继续加热时,线型分子间形成化学键结合(交联),分子间呈网状结构,当温度达到一定值后,交联反应进一步加快,形成体型结构,此时树脂既不熔融,也不溶解,形状固定后不再变化,又称固化。如果再加热,不再软化,也不再具有可塑性,在上述过程中既有物理变化,又有化学变化。此类塑料制品的边角料(水口料)和废品不能再回收利用。

2. 按塑料的性能和用途分类

(1) 通用塑料:此类塑料具有产量大、用途广、价格低的特点,主要有酚醛塑料、氨基塑料、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯和聚丙烯六大品种。

(2) 工程塑料:指在工程技术中作为结构件的塑料。这类塑料的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性、尺寸稳定性均较高,具有一定的金属特性,所以常代替金属制造一些零部件。此类塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS等。

(3) 增强塑料:在塑料中加入玻璃纤维等填料作为增强材料进一步改善塑料的力学、电气性能,形成复合材料,通常称为增强塑料。增强塑料具有优良的力学性能,比强度和比刚度。热固性的增强塑料俗称玻璃钢。

1.2 塑料的性能

塑料的性能包含使用性能和工艺性能,使用性能体现塑料的使用价值;工艺性能体现塑料的成型特性。

1.2.1 塑料的使用性能

塑料的使用性能包括物理性能、化学性能、力学性能、热性能、电性能等,这些性能都可以进行衡量和测定。

1. 物理性能

(1) 密度:单位体积中塑料的质量(重量)。塑料的密度一般比金属的密度小,在 $0.83\sim 2.20\text{g/cm}^3$ 之间。

(2) 透湿性:塑料透过蒸气的性质,用透湿系数表示。在一定的湿度下,试样两侧在单位压力差情况下,单位时间内在单位面积上通过的蒸气量与试样厚度的乘积。

(3) 透气性:塑料阻止空气穿过的性质,是衡量塑料制品密封能力的一个指标。

(4) 吸水性:塑料吸收水分的性质,用吸水率表示。吸水率是指在一定温度下,将塑料放在水中浸泡一定时间后质量(重量)增加的百分率。

(5) 透明性:塑料透过可见光的性质,用透光率表示。透光率是指透过塑料的光通量与其入射光通量的百分比的比值。

2. 塑料的化学性能

(1) 耐化学腐蚀性:指塑料耐酸、碱、盐、溶剂和其他化学物质腐蚀的能力。

(2) 耐候性:指塑料暴露在日光、冷热、风雨等气候条件下,保持其性能的能力。

(3) 耐老化性:指塑料暴露于自然环境或人工条件下,随着时间的推移,不产生化学结构变化,并保持其性能的能力。

(4) 光稳定性:指塑料在日光或紫外线照射下,抵抗褪色、变黑或降解的能力。

(5) 抗霉性:指塑料对霉菌的抵抗能力。

3. 塑料的力学性能

塑料的力学性能主要包括抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、断裂伸长率、冲击韧度、抗疲劳强度、耐蠕变性、硬度、摩擦系数及磨损等。

磨损是塑料试样与特定的砂纸摩擦一定时间后损失的体积,其他指标与金属的力学性能指标有相似的意义。

4. 塑料的热性能

塑料的热性能主要包括线膨胀系数、导热系数、玻璃化温度、耐热性、热变形温度、熔体指数、热稳定性、热分解温度、耐燃性等。

(1) 玻璃化温度:塑料从黏流态或高弹态(橡胶态)向玻璃态(固态)转变(或反向转变)的温度。

(2) 耐热性: 塑料在外力作用下受热而不变形的性质, 用热变形温度或马丁耐热温度衡量。



提示

测定热变形温度和马丁耐热温度的原理: 将塑料试样置于等速升温的环境中, 并在试样上施加一定的弯矩, 测定其达到一定弯曲变形量时的温度。热变形温度适合测量常温下是硬质的塑料和板料的耐热性。马丁耐热温度适合测量耐热性小于 60℃ 的塑料。

(3) 熔体指数: 热塑性塑料在一定的温度和压力下, 其熔体在 10min 内通过标准毛细管的质量, 以 g/10min 表示, 是反映塑料在熔融状态下流动性的一个量值。

(4) 热稳定性: 塑料在加工或使用过程中受热而不分解变质的性质。

(5) 热分解温度: 塑料在受热时发生分解的温度, 是衡量塑料热稳定性的一个指标。塑料加热时应控制在此温度以下。

(6) 耐燃性: 塑料接触火焰时抵制燃烧或离开火焰时阻碍继续燃烧的能力。

5. 塑料的电性能

塑料的电性能包括表面电阻率、体积电阻率、介电常数、介电强度、耐电弧性、介电损耗等, 是衡量塑料在各种频率的电流作用下表现出来的性能。

1.2.2 塑料的工艺性能

1. 热固性塑料的工艺性能

(1) 收缩性 (缩水): 热固性塑料在高温下成型后冷却至室温, 其尺寸会发生收缩的特性称为收缩性, 用收缩率表示, 其表达式为: $\delta = (L_m - L_1) / L_1 \times 100\%$ 。式中 δ 为塑料的收缩率, L_m 为模具在室温时的尺寸 (mm), L_1 为塑件产品在室温时的尺寸 (mm)。

① 造成收缩的原因。

a. 化学结构发生变化: 热固性塑料在成型过程中, 分子结构从线型过渡到体型结构后密度增大, 必然导致体积减小, 从而造成收缩。

b. 热收缩: 塑料的膨胀系数要比钢材大, 其收缩也比钢材大, 故塑料制品尺寸要比模具尺寸小。

c. 弹性恢复: 塑料在型腔中成型时有很大的压力, 一旦开模后压力消失, 塑料制品产生弹性恢复而胀大, 可抵消一部分收缩。

d. 塑性变形: 当模具打开时, 塑料受的压力降低, 但模具仍紧压制品的四周, 可使制品局部变形, 造成局部收缩。

② 影响收缩, 造成收缩率波动的原因。

a. 塑料的种类: 不同的塑料, 由于其分子结构的差异, 其收缩是不同的。同一种塑料, 由于分子量和填料的品种含量的不同, 收缩率也有差别。一般的树脂含量高, 分子量大、填料为有机物时收缩较大。

b. 塑料制品结构: 同一种塑料, 由于制品的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件多少、如何分布等因素也会造成收缩变化, 使收缩率波动。一般制品越复杂、壁厚、嵌件多且均匀分布的收缩率较小。

c. 成型工艺: 预热情况、成型温度、模具温度、成型压力、保压时间、冷却速度等也会使收缩率产生波动。一般地, 有预热、成型温度较低, 压力较大, 保压时间长的产品收缩率较小。

d. 后收缩和后处理收缩: 塑料件在成型时, 由于受到成型压力和剪切应力作用, 加上各向异性及成型工艺影响, 使产品存在残余应力, 脱模后使产品尺寸发生变化, 称为后收缩。有时产品在成型后, 需要进行热处理, 也会使尺寸发生变化, 引起收缩, 称为后处理收缩。

e. 其他原因: 塑件的收缩具有方向性。塑料成型时其流动方向上收缩较大, 垂直于流动方向上收缩较小。填料分布不均匀, 也会造成收缩不均匀。

总之, 引起收缩和造成收缩波动的原因很复杂, 设计时必须全面考虑, 从而获得合格的产品。

(2) 流动性。塑料在一定温度与压力下, 充满模具型腔的能力称为塑料的流动性。衡量塑料流动性的指标通常用拉西格流动性表示。测定拉西格流动性的标准压模, 如图 1.1 所示。将待测塑料预压成圆锭置于压模上端的圆柱孔中, 将其加热至一定温度, 给顶部的活动柱塞一定压力, 熔融的塑料会从下端的模孔中挤出。我们测量其挤出的长度即为拉西格流动值, 单位是 mm。数值越大, 流动性越好。

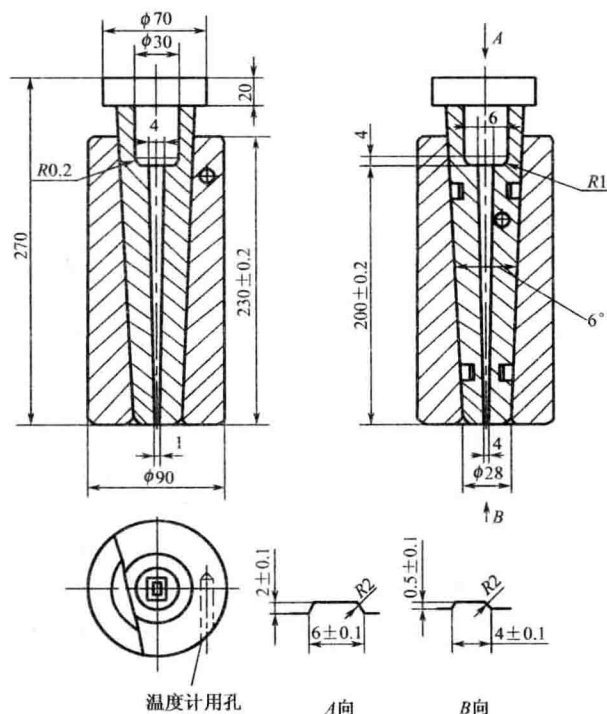


图 1.1 拉西格流动性测定用压模

① 影响塑料流动性的因素。

a. 不同品种的塑料, 其流动性不同。

b. 同种塑料由于其分子量、填料的性质和含量、颗粒的形状与大小、含水量、增塑剂和润滑剂含量的不同, 其流动性也不同。一般来说, 树脂分子量小, 填料呈球状, 增塑剂含

量高的塑料流动性大。同种塑料的流动性分成三等，即拉西格流动值为 100~130mm、131~150mm、151~180mm 三个等级。

c. 塑料的流动性还与模具结构，表面粗糙度，预热成型工艺条件（温度，压力）等有关。

② 塑料流动性对塑料制品的质量、模具设计及成型工艺的影响。流动性过大，易造成溢料，制品内部产生疏松、粘模等问题，造成脱模和清理困难；但流动性太小，会造成充模困难，产生缺料等现象；所以应根据制品的结构、尺寸来选择适当流动性的塑料。模具设计时根据塑料的流动性来考虑分型面、浇注系统和进料方向。成型工艺的条件也对流动性产生影响，例如，提高成型温度和压力时，会使流动性增大。

③ 提高塑料流动性。在塑料中加入增塑剂和润滑剂，加大浇注系统的截面，提高表面粗糙度，减少转角，提高成型温度和压力等。

(3) 比容和压缩率（压缩比）。比容是单位质量塑料所占的体积，单位是 cm^3/g 。压缩率是成型前塑料原材料的体积与成型后制品的体积之比，其值恒大于 1。造成压缩率恒大于 1 的原因是因为塑料的原材料较松散，在压力作用下成型后体积减小所造成的。

比容和压缩率大的塑料，要求加料较大，内部充气也较多，成型时排气困难，成型周期长，生产率低；比容和压缩率小，对成型有利，但也会造成加料量不准确。

不同品种的塑料的比容和压缩率不同，同种的塑料也会因为塑料的形状、颗粒度及均匀性的不同，造成比容和压缩率的波动。

(4) 水分和挥发物的含量。塑料中的水分和挥发物一方面来自塑料原材料生产过程中遗留下来，以及成型生产之前在运输、保管期间吸收空气中的水分；另一方面来自成型过程中塑料发生化学反应产生的副产品。

如果塑料中水分和挥发物含量过多又处理不及时，会造成塑料流动性增大，易产生溢料、成型周期长、收缩率大，产品易产生气泡、疏松、变形、翘曲、波纹等缺陷。有的挥发物还对模具有腐蚀作用，刺激人的感官。因此，在成型时应尽量消除其有害作用。例如，进行预热干燥、模具上开设排气槽排气、模具型腔表面镀铬防腐等。

(5) 固化特性。热固性塑料在成型过程中树脂发生交联反应，分子结构由线型变为体型，塑料由既可熔化又可溶解变成既不可熔化又不可溶解的状态。这个过程称为固化（熟化）。

固化速度是指热固性塑料试样在固化过程中每硬化 1mm 厚度所需要的时间，单位为秒（s）。固化速度与塑料的品种、制品的形状、壁厚、是否有预热、成型温度、预压等因素有关。采用预压、预热、提高成型温度、延长加压时间都能加快固化速度。固化速度并不是越快越好，应与成型方法、制品大小及复杂程度相适应。一般地，要求其在塑化和充模时固化速度较慢，有利于充满型腔；而在充满型腔后则应加快固化速度，减少成型时间。形状复杂、尺寸较大的制品应降低固化速度，否则无法成型。

总之，如何通过控制成型工艺条件来控制固化速度是热固性塑料成型中的关键问题之一。

常用热固性塑料的使用性能、成型性能及用途见表 1.1。

表 1.1 常用热固性塑料的使用性能、成型性能及用途

塑料名称	使用性能	成型性能	用途
酚醛塑料	1. 质脆，表面硬度高，刚度大； 2. 尺寸稳定，耐热性好，250℃以上也不会软化变形； 3. 水润条件下具有很小的摩擦系数； 4. 有较强的黏结能力	1. 成型性能较好，适合压缩成型，也可注射成型； 2. 含水分和挥发物较多，使用时要预热干燥，注意排气； 3. 模温对流动性影响较大，一般超过 160℃时流动性迅速下降； 4. 收缩率较大，具有明显方向性； 5. 硬化速度慢，放出热量多，厚壁大型制品内部温度易过高，发生硬化不均匀及过热	1. 电器、无线电设备中的绝缘结构件； 2. 耐磨零件：凸轮、齿轮、轴承、滚轮、离合器摩擦片和制动哈夫等； 3. 层压和卷绕成板材、管材、棒材； 4. 可制成胶黏剂
氨基塑料	1. 优良的电绝缘性和耐电弧性； 2. 表面硬质高，耐磨性能好； 3. 着色性能好，外观颜色鲜艳； 4. 耐热性较好； 5. 有较强的黏结能力	1. 含水分和挥发物较多，易吸水而结块，使用时应进行预热干燥，开设排气系统； 2. 成型时会产生弱酸性分解物，模具表面应进行防腐处理（镀铬）； 3. 成型温度应严格控制，过热会发生分解； 4. 流动性好，硬化速度快，尺寸稳定性差； 5. 性脆，嵌件周围易产生应力集中	1. 电气绝缘件：杆头、杆座、开关等； 2. 机械零件：凸轮、齿轮零件、钟表零件、钟表外壳； 3. 日用品：碗、纽扣等； 4. 防爆电气设备配件及电动工具绝缘件； 5. 电子元件、照明零件、电话零件； 6. 木材料胶合剂：制造胶合板和层压塑料
环氧树脂（EP）	1. 长期存放不变质； 2. 黏结性能很高（万能胶）； 3. 化学稳定性好，介电性能好； 4. 耐热性较高（204℃）； 5. 尺寸稳定，力学强度高； 6. 质脆，耐冲击性较差	1. 收缩率小，流动性好，固化速度快； 2. 没有副产物放出，不需排气； 3. 可采用低压成型； 4. 不易脱模，应采用脱模剂； 5. 预热温度为 140~170℃，成型压力为 10~20MPa，保压时间为 30s/mm	1. 做黏合剂、浇铸塑料、层压塑料、涂料等； 2. 灌封与固定电子，电气元件及线圈； 3. 层压或卷绕成型各种制品：电绝缘件、氧气瓶、飞机、火箭上的某些零件； 4. 所有线路板； 5. 各种结构零件； 6. 防腐涂料

2. 热塑性塑料的工艺性能

（1）收缩性。热塑性塑料的收缩性基本上与热固性塑料的收缩性相同。

（2）塑料状态与加工性。热塑性塑料在一定的压力下，随着温度的变化，呈现三种状态，其塑料状态与成型加工性的关系如图 1.2 所示。

① 玻璃态：玻璃态（结晶型树脂是结晶态）树脂是坚硬的固体，不易进行大变形的加工，但可以进行车、铣、钻等切削加工。