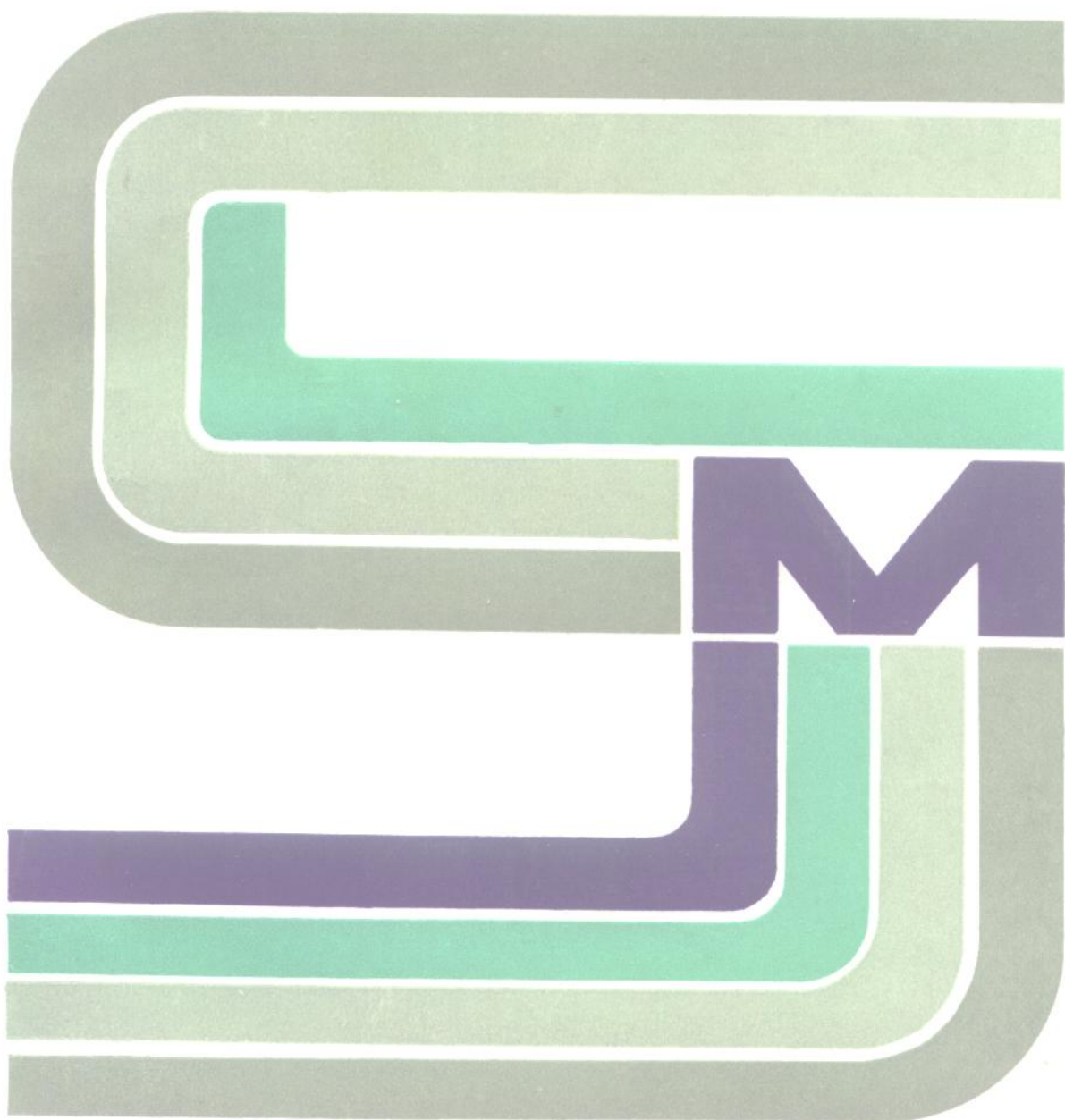


塑料模具设计

申树义 编
高 济

机械工业出版社



7642066

5.12

塑料模具设计

申树义 编
高 济



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书较全面地讲述了塑料模具设计的基本原理, 并通过各种典型的塑料模具设计实例、分析研究了塑料模具的设计方法及其合理结构。

全书共分六章, 包括塑料、塑料的成型工艺、塑料注射模具设计、压缩模具设计、传递和吹塑模具设计、塑料模具材料。

本书可供从事塑料模具设计的工程技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

塑料模具设计

申树义 编
高 济

责任编辑: 杨 燕 责任校对: 樊中棠
封面设计: 姚 毅 版式设计: 冉晓华
责任印制: 卢子祥

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)

三河市宏达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 11·字数 265 千字

1993年9月北京第1版 1993年9月北京第1次印刷

印数 00 001—14 000 定价: 10.00元

ISBN 7-111-03665-4/TG·804

前 言

塑料制品在人们的日常生活及现代工业生产领域中得到日益广泛的应用。随着塑料工业的发展，社会对塑料制品的需求愈来愈大，若要生产出较好的塑料制品，必须有先进实用的塑料模具，因此如何设计塑料模具就为有关专业工程技术人员所关注。

本书讲述了塑料模具设计的基本原理，并以大量典型的塑料模具设计实例，向读者阐述了塑料模具设计的方法、步骤等，全书理论与实际联系比较密切，通俗易懂。

本书共分六章，其中第一、二、四、六章由洛阳工学院高济编写，第三、五章由国营632厂申树义编写。全书由高济审核。

由于编者理论水平及实践经验所限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编者

1992年4月于洛阳

目 录

前言	
第一章 塑料	1
第一节 塑料的组成及其特性	1
一、塑料的组成	1
二、塑料的特性	1
三、塑料的分类	2
第二节 热固性塑料	2
一、工艺特性	2
二、成型特性	4
第三节 热塑性塑料	4
一、工艺特性	4
二、成型特性	8
第二章 塑料的成型工艺	9
第一节 塑料成型原理	9
一、注射成型	9
二、压缩成型	9
三、传递成型	10
第二节 注射成型工艺	10
一、注射成型工艺过程	10
二、注射成型工艺参数的选择	13
第三节 塑料制品的设计	18
一、塑料制品的几何形状	18
二、塑料制品的尺寸精度	24
三、塑料制品的表面质量	26
第三章 塑料注射模具设计	29
第一节 塑料模具分类	29
一、塑料模具分类方法	29
二、热固性塑料模具	29
三、热塑性塑料模具	30
第二节 注射模具分类	30
一、单分型面注射模具	30
二、双分型面注射模具	32
三、活动镶块式注射模具	32
第三节 注射模具与注射成型机的关系	35
一、注射成型机的基本技术参数	35
二、注射成型机基本工艺参数的校核	35
第四节 浇注系统设计	40
一、浇注系统设计的基本要点	40
二、主流道设计	40
三、分流道设计	42
四、浇口设计	45
五、冷料穴	50
六、排气槽	50
七、热流道	53
第五节 成型零件结构设计	55
一、模具分型面	55
二、成型零件的结构形式及设计	58
第六节 导向机构设计	64
一、导柱结构和精度要求	65
二、导套结构和精度要求	66
三、导向零件参考尺寸	67
四、导柱(导套)在模板上的布置	67
第七节 推出机构设计	68
一、推杆结构设计	68
二、反推杆结构设计	69
三、推板结构设计	69
四、推管结构设计	70
五、推出机构设计实例	70
六、其他推出机构设计	72
第八节 抽芯机构设计	82
一、概述	82
二、斜导柱抽芯机构设计	83
三、斜滑块抽芯机构设计	93
四、弯销抽芯机构设计	96
第九节 加热和冷却装置的设计	97
一、模具的加热	97
二、模具的冷却	99
第十节 热固性塑料注射模具设计	106
一、概述	106
二、热固性塑料注射模具设计要点	106
第十一节 塑料注射模具设计实例	108
一、塑料注射模具设计程序	108
二、典型塑料注射模具设计实例	108
第四章 压缩模具设计	134

第一节 概述	134	二、固定式模具的推出机构	149
一、概述	134	三、推杆和反推杆结构设计	149
二、压缩模具分类和基本结构	134	第六节 抽芯机构设计	151
第二节 压缩模具结构选择	136	第七节 压缩模具设计实例	151
一、塑料性能与模具结构的关系	136	第五章 传递和吹塑模具设计	154
二、塑料制品形状与模具结构的关系	136	第一节 传递模具设计	154
三、压机与模具结构的关系	136	一、概述	154
第三节 成型零件结构设计	141	二、传递模具分类	154
一、成型零件设计要点	141	三、传递模具设计	154
二、凸模结构形式	142	四、传递模具设计实例	163
三、凹模(型腔)结构形式	142	第二节 吹塑模具设计	163
四、型芯结构形式	144	一、吹塑模具结构	164
第四节 导向机构设计	146	二、吹塑模具设计	164
一、导向机构类型	146	三、吹塑模具设计实例	168
二、导向零件推荐尺寸	147	第六章 塑料模具材料	169
三、导柱在模板上的布置	148	第一节 对模具零件材料的要求	169
第五节 开模和推出机构设计	149	第二节 模具成型零件用材料	169
一、移动式、半固定式模具的开模和推出 机构		第三节 塑料模新材料的发展动向	169
		参考文献	170

第一章 塑 料

第一节 塑料的组成及其特性

一、塑料的组成

塑料是以相对分子质量高的合成树脂为主要成分，并加入其他添加剂，可在一定温度和压力下塑化成型的高分子合成材料。

塑料均以合成树脂为基本原料，并视需要加入适当的添加剂。其组成成分如下：

(一) 树脂

树脂是在受热时软化，在外力作用下有流动倾向的聚合物。它是塑料中起粘结作用的成分，也叫粘料。树脂主要决定塑料的类型(热塑性或热固性)和基本决定塑料的主要性能(物理性能、化学性能、力学性能及电性能等)。

(二) 添加剂

为了改变塑料的性能而加入的添加剂有：

1. 填料 填料在塑料中主要起增强作用，有时还可使塑料具有树脂所没有的新性能。正确使用填料，可以改善塑料的性能，扩大其使用范围，也可减少树脂含量。

对填料的一般要求是：易被树脂浸润，与树脂有很好的粘附性，本身性质稳定，价格便宜，来源丰富。

填料按其形状有粉状、纤维状和片状。常用的粉状填料有木粉、滑石粉、铁粉、石墨粉等；纤维状填料有玻璃纤维、石棉纤维等；片状填料有麻布、棉布、玻璃布等。

2. 增塑剂 增塑剂是为改善塑料的性能和提高柔软性而加入塑料中的一种低挥发性物质。

对增塑剂的基本要求是：能与树脂很好地混溶而不起化学变化；不易从制件中析出及挥发；不降低制件的主要性能；无毒、无害、成本低。

常用的增塑剂有邻苯二甲酸酯类、癸二酸酯类、磷酸酯类、氯化石蜡等。

3. 稳定剂 稳定剂是指能阻缓材料变质的物质。常用的稳定剂有二盐基性亚磷酸铅、三盐基性硫酸铅、硬脂酸钙、硬脂酸钡等。

二、塑料的特性

塑料品种繁多，性能也各不相同。归纳起来，塑料的主要特性如下：

(一) 质量轻

塑料的密度一般在 $0.9\sim 2.3\text{g/cm}^3$ 范围内，约为铝的 $1/2$ ，铜的 $1/6$ 。

(二) 比强度和比刚度高

塑料的强度和刚度虽然不如金属好，但塑料的密度小，所以其比强度(σ/ρ)和比刚度(E/ρ)相当高。如玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的比强度和比刚度都比钢材好，该类塑料常用于制造人造卫星、火箭、导弹上的零件。

(三) 化学稳定性能好

塑料对酸、碱等化学药物具有良好的抗腐蚀能力。因此，在化工设备以及日用工业品中得到广泛应用。常用的耐腐蚀塑料是硬质聚氯乙烯，它可以加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

(四) 电绝缘性能好

塑料具有优越的电绝缘性能和耐电弧特性，所以广泛应用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料。

(五) 耐磨和减摩性能好

塑料的摩擦系数小，耐磨性强，可以作为减摩材料，如用来制造轴承、齿轮等零件。

(六) 消声和吸震性能好

塑料制成的传动摩擦零件，噪声小，吸震性好。

三、塑料的分类

塑料的品种繁多，按其受热后所表现的性能不同可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。

(一) 热固性塑料

是指在初受热时变软，可以塑制成一定形状，但加热到一定时间或加入固化剂后，就硬化定型，再加热则不熔融也不溶解，形成体型(网状)结构物质的塑料。例如，酚醛塑料、环氧塑料、氨基塑料等。

(二) 热塑性塑料

是指在特定温度范围内能反复加热和冷却硬化的塑料。例如，聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。

第二节 热固性塑料

常用的热固性塑料有酚醛、氨基聚酯、聚邻苯二甲酸二丙烯酸酯塑料等，它们主要用于压缩、传递和注射成型。此外，如硅酮、环氧树脂等热固性塑料，主要作为低压传递封装电子元件及浇注成型等用。

一、工艺特性

(一) 收缩性

塑件从模具中取出冷却到室温后，发生尺寸收缩，这种性能称为收缩性。由于树脂本身不仅产生热胀冷缩，而且收缩还与各种成型因素有关，所以成型后塑件的收缩，称为成型收缩。

1. 成型收缩的形式及特点

(1) 塑件的线尺寸收缩：由于热胀冷缩，塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形等因素，会导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小。因此，在设计模具型腔、型芯时应予以补偿。

(2) 收缩方向性：成型时塑料分子按方向排列，使塑件呈现各向异性，沿料流方向则收缩大、强度高，与料流垂直方向则收缩小、强度低。另外，成型时因塑料各部位密度及填料分布不匀，故收缩也不匀，产生收缩差，使塑件发生翘曲、变形、裂纹，尤其在传递和注射成型时其方向性更为明显。因此，在设计模具时应考虑收缩方向性，按塑件形状、料流方向来

选取收缩率。

(3) 后收缩：塑件成形时，由于各种成型因素的影响，塑件内存在残余应力，塑件脱模后残余应力发生变化，使塑件发生再收缩，称为后收缩。一般塑件在脱模后 10 h 内变化最大，24 h 后基本定型，但最后稳定要经 30~60 d。

(4) 后处理收缩：有时塑件按其性能及工艺要求，在成型后需进行热处理，热处理后亦会导致塑件尺寸发生变化，称为后处理收缩。在模具设计时，对高精度的塑件则应考虑后收缩及后处理收缩的误差，并予以补偿。

2. 影响收缩性的因素

(1) 塑料品种：每种塑料的收缩性各不相同，同类塑料由于填料、相对分子质量及配比等不同，则其收缩情况及方向性也各不相同。

(2) 塑件特性：塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件，对收缩性亦有很大影响。

(3) 模具结构：模具分型面及加压方向、浇注系统的形式及尺寸，对塑件的收缩及方向性影响亦较大。

表 1-1 常用热固性塑料的成型特性

塑料名称	成型特性
酚醛塑料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成型性较好，适用于压缩成型，部分适用于传递成型，个别适用于注射成型 2. 含水分、挥发物，应预热、排气 3. 模温对流动性影响较大，一般超过 160°C 时流动性迅速下降 4. 收缩及方向性较大 5. 硬化速度慢，硬化时放出热量大，厚壁大型塑料制品内部温度易过高，故易发生硬化不均及过热
氨基塑料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 常用于压缩和传递成型 2. 含水分及挥发物多，易吸潮而结块，使用时要预热干燥，要注意排气 3. 成型温度对塑料制品质量影响较大。温度过高易发生分解、变色、气泡、开裂、变形、色泽不均；温度过低则流动性差、欠压、不光泽，故应严格控制温度 4. 流动性好，硬化速度快，因此装料、合模和加压速度要快 5. 性脆、嵌件周围易应力集中，尺寸稳定性差
有机硅塑料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流动性好，硬化速度慢，适用于压缩成型 2. 压制温度较高 3. 压缩成型后塑料制品要经高温固化处理
硅酮塑料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主要用于低压传递成型，封装电子元件等 2. 流动性较好，易溢料，收缩小 3. 硬化速度慢，成型后需高温固化，要发生后收缩 4. 一般成型温度为 160~180°C，成型压力为 4~10 MPa
环氧树脂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 常用于浇注成型，低压传递成型，封装电子元件等 2. 流动性好，收缩小 3. 硬化速度快，装料后应立即加压，硬化时一般不需排气 4. 一般预热温度为 140~170°C，成型压力为 10~20 MPa，保压时间为 36s/mm

(4) 成型工艺：传递和注射成型工艺一般收缩较大，方向性明显。同时，预热情况、成型温度、成型压力、保压时间及填充料形式等对收缩及方向性均有影响。

(二) 流动性

塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。这是模具设计时必须考虑的一个

重要工艺参数。流动性好的塑料，在成型时易形成溢料过多，填充型腔不密实，塑件组织疏松，树脂、填料分头积聚，易粘模，硬化过早等缺陷；流动性差的塑料则会填充不足，不易成型。由此可见，选用塑料的流动性必须与塑件要求、成型工艺及成型条件相适应。对面积大、嵌件多、型芯及嵌件细弱、有狭窄深槽及薄壁的复杂形状塑件，应选用流动性好的塑料。在模具设计时，应根据塑料流动性来设计浇注系统、分型面及进料方向等。

（三）硬化特性

热固性塑料在成型过程中，在加热受压的条件下软化转变成可塑性粘流状态，随之流动性增大，可迅速填充型腔，与此同时发生缩合反应，密度不断增加，流动性迅速下降，熔料逐渐固化。在模具设计时对硬化速度快，保持流动状态时间短的塑料则应注意要便于装料，便于装卸嵌件，并且选择合理的成型条件，以免过早硬化或硬化不足，导致塑件成型不良。

硬化速度应适合成型工艺要求，例如注射、传递成型时应要求在塑化、填充时化学反应慢、硬化慢，应保持较长时间的流动状态，当充满型腔后在高温、高压下应快速硬化。

二、成型特性

热固性塑料的成型特性与塑料的品种有关，也与所含填料品种和粒度及颗粒均匀度有关。如细料流动性好，但预热不易均匀，充入空气多不易排出，传热不良，成型时间长。粗料则易使塑件不光泽，表面不均匀。塑料过粗或过细均直接影响比容及压缩率和模具加料室容积。

常用热固性塑料的成型特性见表1-1。

第三节 热塑性塑料

常用的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、苯乙烯-丁二烯-丙烯腈（ABS塑料）、改性聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）、聚酰胺（尼龙）、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚、聚四氟乙烯等。

一、工艺特性

（一）收缩性

热塑性塑料成型收缩的形式与热固性塑料类似。影响热塑性塑料成型收缩的主要因素有以下几方面：

（1）塑料品种：热塑性塑料成型过程中由于存在结晶化引起的体积变化，内应力强，塑件内的残余应力大，分子取向性强等因素，因此与热固性塑料相比收缩率较大，方向性明显。另外，脱模后收缩和后处理收缩也比热固性塑料大。

（2）塑件特性：塑件成型时，熔料与型腔表面接触外层立即冷却，形成低密度的固态外壳。由于塑料导热性差，使塑件内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层。因此塑件壁厚则收缩愈大。

（3）浇口形式和尺寸：这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间，采用直接浇口，浇口截面大时则收缩小，但方向性明显。

（4）成型条件：模具温度、注射压力、保压时间等成型条件对塑件收缩均有直接影响。模具温度高，熔料冷却慢，密度高，收缩大，尤其对结晶料，因其体积变化大，故收缩更大。模温分布是否均匀亦直接影响到塑件各部分收缩量的大小及方向性。注射压力高，熔料粘度差小，层间剪切应力小，脱模后弹性回跳大，收缩减小。保压时间对收缩亦有影响，保

压时间长则收缩小，但方向性明显。

在模具设计时，应根据各种塑料的收缩范围、塑件壁厚、形状、进料口形式尺寸，按经验确定塑件各部位的收缩率，再计算模具型腔尺寸。对高精度塑件，在模具设计时应留有修模余地，通过试模后逐步修正模具，以达到塑件尺寸、精度要求及改善成型条件。

(二) 流动性

1. 流动性 塑料流动性的大小，可从塑料的相对分子质量、熔融指数、阿基米德螺旋线长度、表观粘度及流动比（流程长度/塑件壁厚）等进行分析。相对分子质量小、熔融指数高、螺旋线长度长、表观粘度小、流动比大的塑料，则流动性好。按模具设计要求，可将常用塑料的流动性分为三类：

(1) 流动性好：有尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素、聚（4）甲基戊烯。

(2) 流动性中等：有改性聚苯乙烯（如 ABS、AS）、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚酯。

(3) 流动性差：有聚碳酸酯、聚硬氯乙烯、聚苯醚、聚砜、氟塑料。

2. 影响流动性的主要因素

(1) 温度：料温高则塑料流动性增大，料温对流动性的影响大小视不同塑料而异，有的影响大，有的影响小。所以在成型时可通过调节温度来控制流动性。

(2) 压力：注射压力增大则熔融塑料受剪切作用大，其流动性也随之增大。特别是聚乙烯、聚甲醛对压力的反应十分敏感。所以成型时可通过调节注射压力来控制流动性。

(3) 模具结构：模具浇注系统的形式、尺寸和布置，冷却系统设计的合理性，熔料流动阻力（如型腔面粗糙度、流道截面厚度、型腔形状和排气系统设计）等因素都直接影响到熔料在型腔内的实际流动性。凡促使熔料降低温度，增加流动阻力的因素，都会使流动性降低。在模具设计时应根据所用塑料的流动性，选用合理的模具结构。

(三) 结晶性

热塑性塑料按其冷凝时有无出现结晶现象可划分为结晶形塑料和非结晶形（又称无定形）塑料两大类。

塑料的结晶现象是指塑料由熔融状态到冷凝的过程中，分子由无次序的自由运动状态而逐渐排列成为正规模型的倾向的一种现象。

一般说来，结晶形塑料是不透明和半透明的，非结晶形塑料是透明的。但也有例外情况，如聚（4）甲基戊烯为结晶形塑料，却有高透明性，ABS 为非结晶形塑料，却是不透明。

对结晶形塑料在模具设计及选择注射机时应注意以下几点：

(1) 料温上升到成型温度所需的热量多，要选用塑化能力大的设备。

(2) 冷凝时放出热量大，模具要充分冷却。

(3) 塑件成型后收缩大，易发生缩孔、气孔。

(4) 塑件壁薄，冷却快，结晶度低，收缩小。塑件壁厚，冷却慢，结晶度高，收缩大，物理性能好。因此，对结晶形塑料应按塑料要求控制模温。

(5) 塑料各向异性明显，内应力大，脱模后塑件易发生变形翘曲。

(6) 塑料结晶熔点范围窄，易发生未熔粉末注入模具或堵塞进料口。

(四) 热敏性和水敏性

表 1-2 常用热塑性塑料的成型特性

塑料名称	成型特性
聚乙烯 (低压)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结晶形塑料, 吸湿性小 2. 流动性极好, 溢边值为0.02mm左右, 流动性对压力变化敏感 3. 加热时间长则易发生分解 4. 冷却速度快, 必须充分冷却, 设计模具时要设冷料穴和冷却系统 5. 收缩率大, 方向性明显, 易变形、翘曲, 结晶度及模具冷却条件对收缩率影响大, 应控制模温 6. 宜用高压注射, 料温要均匀, 填充速度应快, 保压要充分 7. 不宜采用直接浇口注射, 否则会增加内应力, 使收缩不均匀和方向性明显。应注意选择浇口位置
聚丙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结晶形塑料, 吸湿性小, 易发生分解 2. 流动性极好, 溢边值为0.03mm左右 3. 冷却速度快, 浇注系统及冷却系统应缓慢散热 4. 收缩率大, 易发生缩孔、变形, 方向性明显 5. 应注意控制成型温度, 料温低则方向性明显, 模温低于50°C, 注出的塑件不光泽, 易产生熔接不良, 有流痕, 模温高于90°C, 易发生翘曲和变形 6. 塑件壁厚要均匀, 避免缺口、尖角
聚氯乙烯 (硬质)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性小, 极易分解 2. 流动性差 3. 成型温度范围小, 应严格控制料温 4. 模具浇注系统应粗短, 浇口截面积要大, 不要有死角
聚苯乙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性小, 不易分解, 性脆易裂, 热膨胀系数大, 易产生内应力 2. 流动性好, 溢边值约0.03mm 3. 宜用高料温, 高模温, 低注射压力, 延长注射时间有利于降低内应力, 防止缩孔和变形 4. 可采用各种形式的浇口, 浇口与塑件连接处应圆滑过渡。脱模斜度取2°以上, 顶出要均匀 5. 塑件壁厚应均匀, 不宜有嵌件、缺口、尖角, 各面应圆滑连接
苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物 (ABS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性强, 要充分干燥 2. 流动性中等, 溢边值约0.04mm 3. 宜用高料温, 高模温, 注射压力亦较高 4. 模具浇注系统对料流阻力要小, 应注意选择浇口的位置和形式。脱模斜度取2°以上
改性聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性大, 不易分解, 质脆, 表面硬度低 2. 流动性中等, 溢边值约0.03mm 3. 宜用高压注射, 并采用高料温和高模温, 可增加流动性, 降低内应力, 减少方向性, 改善透明性和强度 4. 模具浇注系统对料流阻力要小, 脱模斜度应大些
聚酰胺 (尼龙)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结晶形塑料, 吸湿性较大, 易分解 2. 流动性极好, 溢边值为0.02mm 3. 收缩率大, 方向性明显, 易发生缩孔和变形 4. 应注意控制模温, 否则对结晶度和塑件性能有影响 5. 可采用各种形式的浇口, 浇口与塑件连接处应圆滑过渡, 流道和浇口截面尺寸大些为好, 以利于成型 6. 塑件壁不宜太厚, 并应均匀
聚甲醛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结晶形塑料, 吸湿性小, 极易分解 2. 流动性中等, 溢边值约0.04mm。流动性对注射压力变化十分敏感 3. 结晶度高, 结晶化时体积变化大, 收缩率大 4. 模具应加热, 模具温度较高, 并应注意正确控制模温, 以保证塑件质量。喷嘴应单独加热, 并适当控制喷嘴温度

(续)

塑料名称	成型特性
聚甲醛	5. 模具浇注系统对料流阻力要小, 浇口截面宜取大些, 避免死角积料
聚碳酸酯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性极小, 不易分解 2. 流动性差, 溢边值约0.06 mm。流动性对温度变化很敏感 3. 成型收缩率小, 塑件精度高 4. 模具应加热, 模温对塑件质量影响较大, 应正确控制模温 5. 熔融温度高, 粘度高, 冷却速度快, 模具浇注系统应以粗、短为原则, 并宜设冷料穴, 采用直接浇口 6. 塑件壁不宜太厚, 应均匀, 避免有尖角、缺口
聚砜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性大 2. 流动性差, 对温度变化敏感, 冷却速度快 3. 成型温度高, 宜用高压成型。压力过低塑件表面易产生波纹、气泡和凹痕, 压力过高则脱模困难 4. 模具要加热, 模温视壁厚而定 5. 模具浇注系统应粗而短, 散热慢, 阻力小, 宜用直通式喷嘴
聚苯醚	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非结晶形塑料, 吸湿性小, 易分解 2. 流动性差, 对温度变化敏感, 凝固速度快, 成型收缩小 3. 宜采用高压、高速注射, 保压和冷却时间不宜过长 4. 模具要加热, 模温要控制, 以保证塑件质量 5. 模具进料口锥度宜大并采用拉料杆, 浇注系统对料流阻力要小, 采用直接浇口, 流道要短粗
氟塑料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结晶形塑料, 吸湿性小 2. 热敏性强, 极易分解 3. 流动性差, 熔融温度高, 成型温度范围窄, 要高温、高压成型 4. 模具应加热, 并控制模温 5. 模具浇注系统对料流阻力要小

热敏性是指某些塑料对热较为敏感, 在料温高和受热时间长的情况下就会产生变色、降解、分解的特性。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料, 如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等。为防止热敏性塑料在成型过程中出现变色、分解现象, 一方面可在塑料中加入热稳定剂, 另一方面应选用螺杆式注射机, 正确控制成型温度和成型周期, 同时应及时清除分解产物, 对模具和设备采取防腐措施。

水敏性是指某些塑料(如聚碳酸酯)即使只含有少量水分, 但在高温、高压下也会发生分解的特性。对这类塑料必须预先加热干燥。

(五) 应力开裂和熔融破裂

有些塑料对应力敏感, 成型时易产生内应力且质脆易裂, 塑件在外力作用下或在溶剂作用下会发生开裂现象。为此, 除在原料内加入附加剂提高抗裂性外, 对原料应注意干燥, 同时选用合理的成型条件和使塑件形状结构尽量合理。在模具设计时应增大脱模斜度, 选用合理的进料口和顶出机构。在成型时应适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间, 尽量避免塑件在冷脆的情况下脱模。在塑件成型后要进行处理以提高抗裂性, 消除内应力。

当一定熔融指数的聚合物熔体, 在恒温下通过喷嘴孔时, 其流速超过一定值后, 挤出的熔体表面发生明显的横向裂纹称为熔融破裂。发生熔融破裂会影响塑件的外观和性能, 故若选择熔融指数高的聚合物, 在模具设计时应增大喷嘴、流道和浇口截面, 减小注射速度和提

8.

高料温。

(六) 热性能和冷却速度

各种热塑性塑料有不同的比热容、热导率、热变形温度等热性能。比热容高的塑料在塑化时需要热量大，应选用塑化能力大的注射机。热变形温度高的塑料冷却时间短，脱模早，但脱模后要防止冷却变形。热导率低的塑料冷却速度慢，必须充分冷却，要加强模具冷却效果。

各种热塑性塑料按其品种特性及塑件形状，要求保持适当的冷却速度。因此模具设计时必须按成型要求设置加热和冷却系统，以控制模具温度。

二、成型特性

常用热塑性塑料的成型特性见表 1-2。

第二章 塑料的成型工艺

第一节 塑料成型原理

塑料模塑成型的方法很多，它主要包括注射模塑（又称注射成型）、压缩模塑（又称压塑成型）、传递模塑（又称挤塑成型）、挤出模塑（又称挤出成型）、吹塑和铸塑（又称浇注成型）等方法。

下面介绍几种主要模塑成型方法的基本原理和特点。

一、注射成型

注射成型是热塑性塑料制品生产的一种重要方法。除个别热塑性塑料外，几乎所有的热塑性塑料都可用此方法成型。近年来，注射成型还已成功地用来成型某些热固性塑料制品。

注射成型可成型各种形状的塑料制品。它的特点是成型周期短，能一次成型外形复杂、尺寸精密、带有嵌件的塑料制品，生产效率高，易于实现自动化生产，所以应用广泛。

注射成型用设备是各种类型的注射机。注射机的主要作用是将料筒内的塑料加热，使其熔化（塑化），然后对熔融塑料施加高压，使其经喷嘴高速注入模具型腔。如图2-1所示。

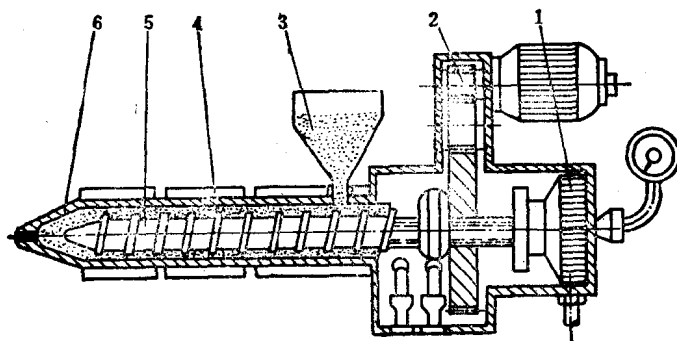


图 2-1 螺杆式注射机成型原理图

1—注射液缸 2—螺杆传动装置 3—料斗 4—加热料筒 5—螺杆 6—喷嘴

二、压缩成型

压缩成型主要用于热固性塑料的成型，也可用于热塑性塑料的成型。

压缩成型的方法是先将粉状、粒状或纤维状的塑料放入成型温度下的模具型腔中，然后合模加压，使塑料成型并固化，从而获得所需的塑料制品，如图2-2所示。

压缩热固性塑料时，置于凹模中的热固性塑料在高温高压的作用下，先由固体变为半液体，并在这种状态下充满型腔，同时高聚物产生交联反应，随着交联反应的深化，半液体的塑料的粘度逐渐增加以至变为固体，最后脱模获得塑料制品。热塑性塑料模压成型时，其前一阶段的情况与热固性塑料相同，但不存在交联反应，所以在半液体塑料充满型腔后，需将

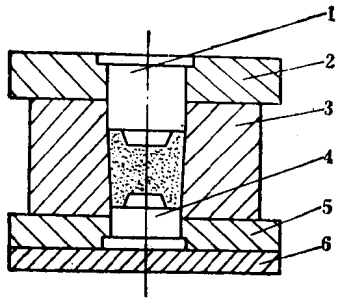


图 2-2 压缩成型原理图

1—上凸模 2—上凸模固定板 3—凹模 4—下凸模
5—下凸模固定板 6—垫板

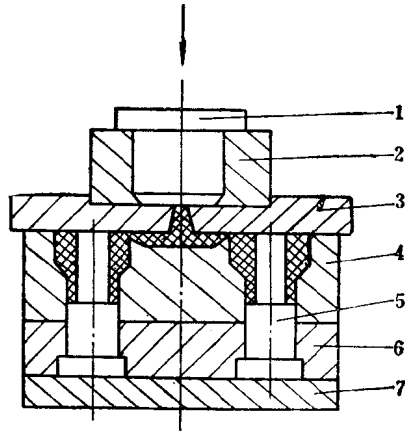


图 2-3 传递成型原理图

1—柱塞 2—加料腔 3—上模板 4—凹模
5—型芯 6—型芯固定板 7—垫板

模具冷却使塑料凝固，才能脱模而获得塑料制品。由于热塑性塑料模压成型时模具需要交替地加热和冷却，生产周期长，效率低，因此，热塑性塑料一般采用注射成型，只有较大平面的塑料制品才采用压缩成型。

压缩成型的特点是模具结构简单，料耗少，可使用普通压力机，可成型大面积的塑料制品，但其生产周期长，效率低，不易压制形状复杂和尺寸精度较高的塑料制品。

三、传递成型

传递成型是在克服压缩成型的缺点并吸收注射成型的优点的基础上发展起来的一种成型方法。传递成型适用于热固性塑料的成型。

传递成型的方法是将塑料（最好是经预压成块和预热的塑料）加入模具加料腔内，使其受热成为粘流状态，在柱塞压力的作用下，粘流态的塑料经过浇注系统，进入并充满闭合的型腔，塑料在型腔内继续受热受压，经过一定时间的固化后，打开模具即可取出塑料制品。如图 2-3 所示。

第二节 注射成型工艺

一、注射成型工艺过程

注射成型工艺过程是注射成型工艺制订的中心环节，它包括：成型前的准备、注射过程和制品的后处理。

（一）成型前的准备

为使注射过程顺利进行，保证塑料制品质量，在注射成型之前应做好如下准备工作：

1. 原料的检验和预处理 在成型前对原料进行外观和工艺性能检验，检验内容包括对色泽、粒度及均匀性、流动性（熔体指数、粘度）、热稳定性、收缩性的检验等。

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，不然塑料制品表面会出现银丝、斑纹和气泡等缺陷，甚至导致高分子物在注射时产生降解，严重影响塑料制品的外观和内在质量。对于不易吸水的塑料（如聚乙烯、

聚丙烯、聚甲醛等) 只要包装、运输、贮存良好, 一般可不进行干燥处理。

各种塑料干燥的方法, 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数采用热风循环烘箱或红外线加热烘箱进行干燥; 大批量生产用塑料宜采用沸腾干燥或真空干燥, 其效率较高。

2. 嵌件的预热 为了满足装配和使用强度的要求, 塑料制品内常需要嵌入金属嵌件。由于金属嵌件和塑料的热性能、收缩率存在较大差别, 因而在塑料制品冷却时, 在嵌件周围会产生较大的内应力, 导致嵌件周围强度下降或出现裂纹。为克服上述问题可对金属嵌件进行预热, 这样可以减少熔料和嵌件的温度差, 使熔料收缩比较均匀, 减少嵌件周围的内应力。

3. 料筒的清洗 若需要更换新的塑料, 则在注射成型之前, 均须对残存在料筒内的塑料进行清洗。

对于螺杆式注射机的料筒通常采用直接换料清洗。换料清洗时, 必须掌握料筒内的塑料和欲换的新塑料的特性, 然后采用正确的清洗方法。例如, 新塑料成型温度若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塑料的最低成型温度, 然后加入新塑料, 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; 新塑料成型温度若低于料筒内残存塑料的成型温度, 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, 用新塑料在降温下清洗; 如新塑料成型温度高, 而料筒内残存塑料为热敏性塑料, 则应选热稳定性好的塑料(如聚苯乙烯)作为过渡换料。

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料筒清洗。

柱塞式注射机的料筒清洗比较困难, 通常须拆卸清洗。

4. 脱模剂的选用 塑料制品的脱模, 主要依赖于合理的工艺条件和正确的模具设计。在生产上为顺利脱模, 通常使用脱模剂。

常用的脱模剂有以下三种:

(1) 硬脂酸锌: 各种塑料均可使用, 但聚酰胺除外。

(2) 液体石蜡(白油): 适用于聚酰胺。

(3) 硅油: 润滑效果良好, 但价格较贵, 使用不便(需配制成甲苯溶液, 涂抹在模型表面, 还要加热干燥)。

在使用脱模剂时, 喷涂要均匀适量。

(二) 注射过程

注射过程包括加料、塑化、注射、保压、冷却和脱模等步骤。但从实质上说主要是塑化和流动与冷却定型两大过程。

1. 塑化 这是指塑料在料筒内经加热达到流动状态并具有良好的可塑性的全过程。

对塑化的要求是: 塑料在进入模腔之前, 应达到规定的成型温度, 并能在规定时间内提供足够数量的熔融塑料, 熔料各点温度应均匀一致。

为达到上述要求, 应视塑料的特性, 正确选择工艺参数和注射机类型。

塑化情况直接关系到塑料制品的质量和生产率, 这在实际生产中必须予以重视。

2. 流动与冷却定型 这是指用柱塞或螺杆推动塑化后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, 直至塑料制品脱模的全过程。这一过程时间不长, 但合理地选择和控制在该过程的温度、压力、时间等工艺参数, 对塑料制品的质量有重要影响。