



高职高专规划教材

浙江省高等教育重点建设教材

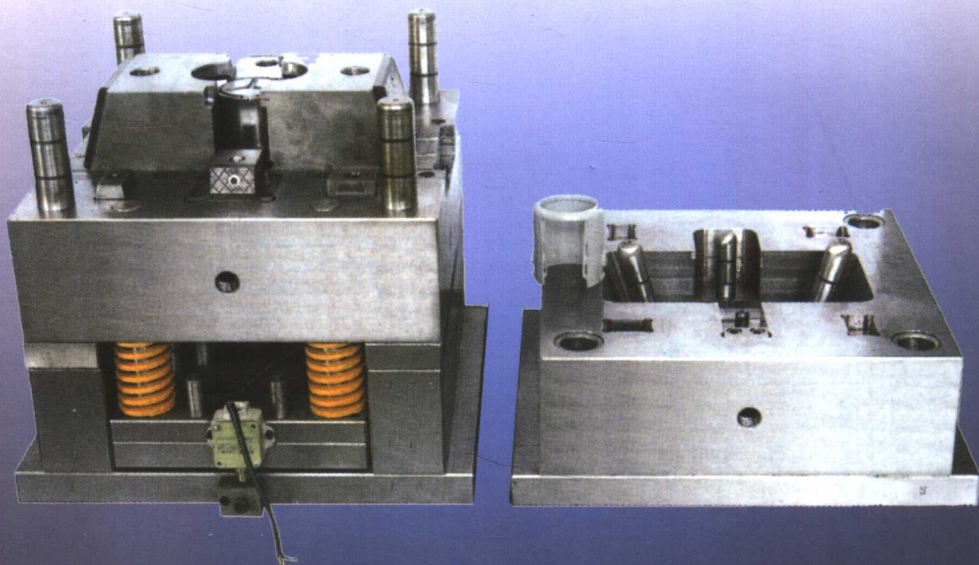
SULIAO

CHENGXING GONGYI YU MOJU SHEJI

塑料成型工艺与模具设计

主 编 罗晓晔

副主编 何柏海



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

高 职 高 专 规 划 教 材
浙江省高等教育重点建设教材

塑料成型工艺与模具设计

主 编 罗晓晔
副主编 何柏海

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计 / 罗晓晔主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2006.1.
ISBN 7-308-04612-5

I. 塑... II. 罗... III. ①塑料成型—工艺②塑料
模具—设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 003362 号

塑料成型工艺与模具设计

罗晓晔 主编

丛书策划 樊晓燕

责任编辑 樊晓燕

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 22.25

字 数 448 千

版 印 次 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-308-04612-5/TQ·031

定 价 32.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88072522

内 容 提 要

本书主要讲授了塑料成型的基础知识、塑料成型工艺、塑件结构设计、塑料成型模具设计及成型设备选择。

本书从内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,用较大篇幅介绍了各种模具的设计实例,内容简练,实用性强。

本书可供从事模具设计、制造的工程技术人员、模具专业的高职高专类院校师生使用。

高职高专机电类规划教材

参编学校(排名不分先后)

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

宁波工程学院

宁波职业技术学院

嘉兴职业技术学院

金华职业技术学院

温州职业技术学院

浙江工贸职业技术学院

台州职业技术学院

浙江水利水电高等专科学校

浙江轻纺职业技术学院

浙江工业职业技术学院

丽水职业技术学院

湖州职业技术学院

前 言

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。本书是根据教育部关于《高职高专教育专门课程基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，针对国内外各企业对模具人才的需求，在广泛吸收近年来高职高专教学改革工作的成功经验的基础上编写的。

本书系统地阐述了塑料的性能、用途及成型工艺，塑料制品的工艺性及结构设计。在重点论述热塑性塑料注射成型工艺、成型设备及模具设计的基础上，对压缩成型、压注成型、挤出成型、中空成型、泡沫成型及快速成型技术的成型工艺与模具设计进行了讲述。在每章之后，还列举了大量的实例。本书在编写过程中力求做到理论联系实际和反映国内外先进水平。

本书广泛吸收了国内外各个领域成熟的经验和最新参考资料中的精华，大部分内容是作者在实践中积累的一些有实用价值的设计实例和技巧，并对一些有普遍实用意义的模具结构形式进行了总结和提高。本书突出对人才的创新素质和创新能力的培养，力求达到使读者能在实际应用中举一反三、触类旁通的目的。教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，重点突出，简明扼要，实例实用可靠。

本书共分9章。其中第1章、第2章、第3章、第4章由杭州职业技术学院罗晓晔编写，第5章、第6章由浙江工业职业技术学院何柏海编写；第7章由温州职业技术学院周洪编写；第8章由金华职业技术学院朱永强编写；第9章由杭州职业技术学院钱坤编写；杭州职业技术学院赵从容参加了第2章部分内容的编写。最后由罗晓晔统稿。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及普通高校本科塑料成型工艺与模具设计课程的教材，亦可供从事模具设计、制造的工程技术人员使用。

由于作者水平有限，书中难免有不当和错误之处，敬请读者批评指正。

编者

2005年10月

目 录

第 1 章 塑料成型基础	1
1.1 塑料的组成与分类	1
1.1.1 塑料的组成	1
1.1.2 塑料的分类	2
1.2 塑料成型工艺性	4
1.2.1 塑料成型方法	4
1.2.2 塑料的工艺性能	6
1.3 常用塑料.....	11
1.3.1 热塑性塑料.....	11
1.3.2 热固性塑料.....	18
习题	20
第 2 章 塑料制品设计	21
2.1 塑料制品的结构设计.....	21
2.1.1 脱模斜度设计.....	21
2.1.2 壁厚设计.....	22
2.1.3 加强筋与薄壁容器设计.....	24
2.1.4 支承面、圆角与孔设计	26
2.1.5 嵌件设计.....	29
2.1.6 图案、文字及标记设计	32
2.1.7 塑件的螺纹与齿轮设计.....	33
2.2 塑料制品的尺寸精度与表面质量.....	37
2.2.1 塑件的尺寸精度.....	37
2.2.2 塑料制品表面质量.....	41
习题	42

第3章 注射成型工艺及模具与设备	43
3.1 注射成型工艺	43
3.1.1 注射成型工艺过程	43
3.1.2 注射成型的工艺参数	46
3.2 注射成型模具	51
3.2.1 注射成型模具的结构组成	51
3.2.2 注射模分类	53
3.3 注射模具与注射机的关系	58
3.3.1 注射机的结构组成	58
3.3.2 注射机的分类	59
3.3.3 注射机的规格及主要技术参数	61
3.3.4 注射机的选用	63
习题	67
第4章 塑料注射模具设计	69
4.1 注射模设计程序	69
4.1.1 分析设计任务书	69
4.1.2 分析塑料制品图及实样	69
4.1.3 确定注射机型号	70
4.1.4 确定模具结构	70
4.1.5 模具设计计算与验算	71
4.1.6 绘制模具装配图	72
4.1.7 绘制模具零件图	72
4.1.8 核对设计图纸	72
4.2 塑件在模具中的位置的设计	72
4.2.1 型腔数目与型腔布局设计	72
4.2.2 分型面的选择	74
4.3 普通浇注系统设计	77
4.3.1 浇注系统的组成及设计原则	77
4.3.2 主流道与分流道设计	78
4.3.3 浇口设计	82
4.3.4 冷料井和拉料杆设计	87
4.3.5 模具排气槽设计	88

4.4 成型零件设计	90
4.4.1 成型零件结构设计	90
4.4.2 成型零件工作尺寸计算	95
4.4.3 成型件刚度与强度的计算	99
4.5 温度调节系统设计	104
4.5.1 模具温度	104
4.5.2 冷却装置的设计与计算	105
4.5.3 加热装置的设计与计算	109
4.6 脱模机构设计	111
4.6.1 脱模机构的组成与分类	112
4.6.2 脱模力计算与推出零件尺寸的确定	113
4.6.3 简单推出机构	115
4.6.4 双向脱模机构	120
4.6.5 顺序脱模机构	121
4.6.6 二次脱模机构	122
4.6.7 浇注系统凝料的自动脱模机构	125
4.6.8 螺纹塑件的脱模机构	126
4.6.9 脱模机构的导向与复位	130
4.7 侧向分型与抽芯机构	131
4.7.1 侧向分型与抽芯机构类型	131
4.7.2 斜导柱分型与抽芯机构	133
4.7.3 弯销侧抽芯机构	141
4.7.4 斜滑块侧抽芯机构	142
4.7.5 液压或气压抽芯机构	145
4.8 热流道塑料注射模具	145
4.8.1 热流道注射模的优点	146
4.8.2 热流道塑料注射模具的结构	146
4.8.3 热流道注射模的热流道部件设计	153
4.9 塑料注射模结构零部件设计	157
4.9.1 注射模标准模架	157
4.9.2 导向机构的设计	162
4.9.3 支承零部件设计	168
4.10 塑料注射模设计举例	170
习题	186

■

第 5 章 压缩成型工艺及模具设计	188
5.1 压缩成型原理及特点	188
5.1.1 压缩模成型原理	188
5.1.2 压缩成型特点	188
5.2 压缩成型工艺	189
5.2.1 压缩前的准备	189
5.2.2 压缩成型过程	190
5.2.3 后期处理	192
5.3 压缩成型工艺参数	192
5.3.1 压缩成型时的压力	192
5.3.2 压缩成型温度	193
5.3.3 压缩成型时间	193
5.4 压缩模的结构与分类	194
5.4.1 压缩模结构	194
5.4.2 压缩模的分类	196
5.5 压缩模与压力机的关系	199
5.5.1 压力机的有关工艺参数的校核	199
5.5.2 国产液压机的主要技术参数	203
5.6 压缩模成型零部件设计	205
5.6.1 塑件在模具内施压方向的选择	205
5.6.2 凸模与加料室、凹模的配合形式	209
5.6.3 凹模加料室尺寸的计算	215
5.7 压缩模的脱模机构设计	218
5.7.1 推出机构分类	218
5.7.2 压缩模的推出机构与压力机顶出杆的联接方式	218
5.7.3 固定式压缩模的脱模机构	220
5.7.4 半固定式压缩模的脱模机构	220
5.7.5 移动式压缩模推出脱模机构	222
5.8 压缩模设计实例和结构图例	224
习题	233

第 6 章 压注成型工艺及模具设计	234
6.1 压注模成型原理与特点	234
6.1.1 压注成型的原理	234
6.1.2 压注模结构的特点	234
6.1.3 压注模成型的工艺特点	235
6.1.4 压注模应用及制造的特点	235
6.2 压注模的结构及分类	236
6.2.1 压注模的结构	236
6.2.2 压注模分类	238
6.3 压注模成型零件的设计	239
6.3.1 加料室的设计	240
6.3.2 压料柱塞设计	244
6.3.3 加料室与压柱的配合	246
6.4 浇注系统设计	246
6.4.1 主流道的设计	246
6.4.2 分流道(分浇道)的设计	248
6.4.3 浇口的设计	249
6.4.4 溢料槽与排气槽	253
6.4.5 压注模设计实例	254
习题	258
第 7 章 挤出成型工艺及模具的设计	260
7.1 挤出成型模具概述	260
7.1.1 挤出成型模具的分类及作用	260
7.1.2 挤出机头的结构组成	261
7.1.3 设计原则	262
7.1.4 挤出机头与挤出机的关系	263
7.2 管材挤出机头的设计	265
7.2.1 管材挤出机头典型结构	265
7.2.2 机头结构参数的确定	266
7.2.3 管材的定型与冷却	269
7.2.4 管材的牵引	270
7.3 棒材挤出机头设计	271

7.3.1 棒材挤出机头的结构类型	271
7.3.2 棒材挤出成型的定型套	272
7.4 吹塑膜挤出机头设计	273
7.4.1 吹塑机薄膜机头结构类型	273
7.4.2 吹塑薄膜机头结构工艺参数的确定	277
7.5 板材与片材的挤出机头设计	278
7.5.1 板材与片材挤出工艺	278
7.5.2 板材与片材机头结构类型	278
7.6 线缆包覆挤出机头设计	281
7.6.1 线缆包覆工艺知识	281
7.6.2 线缆敷层挤出成型机头结构类型	282
习题	283
第8章 中空成型工艺及模具设计	284
8.1 中空吹塑成型工艺与模具设计	284
8.1.1 中空吹塑成型工艺分类及特点	284
8.1.2 吹塑塑件的设计	286
8.1.3 吹塑模具的类型与典型结构	290
8.1.4 吹塑模设计	292
8.2 真空成型工艺及模具设计	295
8.2.1 成型方法及其特点	295
8.2.2 塑件设计	299
8.2.3 模具设计	301
8.3 压缩空气成型工艺与模具设计	303
8.3.1 压缩空气成型的原理及特点	303
8.3.2 压缩空气成型模具设计	304
8.4 国产饮料瓶的中空塑料模具设计实例	306
8.4.1 模具结构简介	306
8.4.2 瓶底型腔冷却系统结构设计	307
8.4.3 瓶口镶件与瓶底型腔块	307
8.4.4 排气系统设计	308
习题	309

第 9 章 其他成型工艺及模具设计	310
9.1 泡沫塑料成型工艺与模具设计	310
9.1.1 低发泡塑料注射成型模具	310
9.1.2 泡沫塑料压制成型模具	317
9.2 快速成型技术	323
9.2.1 快速成型的基本原理	323
9.2.2 激光扫描快速成型	326
9.2.3 非激光快速成型	332
9.2.4 快速成型的发展趋势	335
习题.....	338
参考文献	339

第 1 章

塑料成型基础

导读 随着科学技术和社会生产的迅速发展,人们对制造业所使用的材料提出了越来越高的要求。由于塑料具有质量轻、比强度高、耐腐蚀、防震、隔热、隔音以及具有良好的绝缘性能和可塑性并易于成型,塑料制品得到了越来越广泛的应用。从塑料开始到塑料制品的获得,整个生产过程叫做塑料成型技术,它包括成型物料(塑料原材料)、成型模具、成型设备、成型工艺四大要素。本章主要讲述塑料的组成、分类、热力学性能、工艺性能、常用塑料的主要用途、基本特性、成型工艺等。

1.1 塑料的组成与分类

1.1.1 塑料的组成

塑料是以合成树脂为主要成分,再加入改善其性能的各种添加剂(也称助剂)而制成的。在塑料中,树脂起决定性的作用,但也不能忽略添加剂的作用。也有些塑料是完全由合成树脂组成,不含添加物,对这些塑料,有时候就称为树脂。

1. 树脂

树脂是塑料中最重要的成分,其包括天然树脂和合成树脂。塑料主要使用人工合成树脂,并由树脂的特性来决定塑料的类型(热固性或热塑性)和主要性能。塑料中树脂的含量约为 40%~100%。

2. 填料

塑料中常用的填料有木粉、纸浆、云母、石棉、玻璃纤维等。作用有两个:一是减少树脂用量,降低塑料成本;二是改善塑料的某些性能,扩大塑料的应用范围。如加入纤维填料可以提高塑料的机械强度,而加入石棉填料则可以提高塑料的耐热性。大多数填料还可减少塑料在成型时的收缩率,并降低塑料成本。填料在塑料中的用量约为 10%~50%。

3. 增塑剂

为了增加塑料的柔韧性能,改善成型时的工艺性能(流动性),常在某些塑料中加入液态或低熔点固态的增塑剂。常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯等。

4. 着色剂

塑料制件往往需要各种色彩,因此在塑料组分中需要加入一种或几种不同色彩的着色剂。塑料用的着色剂品种很多,但要求着色容易且与塑料中其他组分不起化学作用,在成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,而且日后在塑料件中能长期保持稳定。常用的着色剂分有机颜料、无机颜料和染料三大类。

5. 润滑剂

在某些塑料中添加润滑剂的目的是为了防止塑料在成型加工过程中发生粘模。常用的润滑剂有油酸、硬脂酸、硬脂酸钙等。一般用量为 0.5%~1.5%。

6. 稳定剂

塑料制品都存在着“老化”问题。为了延缓其使用寿命,防止某些塑料在光、热、氧气或其他条件下过早老化,需加入一定量的稳定剂。通常用硬脂酸盐、铅的化合物、环氧化物等作为延缓塑料老化的稳定剂。

7. 固化剂

在热固性塑料成型时,线型分子结构的合成树脂(液态)要转变成体型分子结构(固态),这一过程称为固化或硬化。存在于塑料中的固化剂能对这一过程起催化作用,或者本身直接参与固化反应。例如在热塑性酚醛树脂中加入六次甲基四胺(乌洛托平),环氧树脂树脂中加入乙二胺、三乙醇胺、咪唑等。

8. 发泡剂

制作泡沫塑料制品时,需要预先将发泡剂加入塑料中,以便在成型时放出气体,形成具有一定规格孔形的泡沫塑料制品。常用的发泡剂有偶氮二异丁腈、石油醚、碳酸胺等。

9. 阻燃剂

许多塑料在被引燃后,能猛烈自燃或和引燃物共同燃烧,因此,在电器制品、生活用品、建筑材料方面,还应考虑塑料制品的防火问题。通常采用在易燃的塑料中加入四溴乙烷等阻燃剂来阻止塑料燃烧。

上述各种组分的加入与否和加入的数量视合成树脂的类属以及塑料制品的性能用途而定。并不是每一种塑料必须加齐各种添加物,有的塑料甚至什么都不添加,就是为 100% 的合成树脂。

1.1.2 塑料的分类

按塑料的热性能分类,有热固性塑料与热塑性塑料。

1. 热固性塑料

这类塑料的特点是在一定的温度下,经过一定时间后,其内部产生化学反应而固化。固化后的塑料性能发生很大变化,质地硬脆,不溶解于有机溶剂,遇热不再软溶,如果温度过高则分解碳化。

常用的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂、DAP 塑料(聚邻苯二甲酸二丙烯酯)等。热固性塑料用的合成树脂就称为热固性树脂。

2. 热塑性塑料

这类塑料的特点是受热后会发形态变化,由固态软化或熔化成黏流体状态,但冷却后又可以恢复固体状态。这一变化过程可以多次反复。组成热塑性塑料的树脂就称为热塑性树脂。大多数热塑性塑料,既具有抗化学腐蚀的能力,又可以溶解于某些相应的溶剂之中。

热塑性塑料的品种较多,有聚乙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚酰胺(尼龙)、聚碳酸酯、聚甲醛等。

按塑料性能及用途分类,有通用塑料、工程塑料、增强塑料、特殊塑料。

1. 通用塑料

这是指产量大、作用广、价格低的塑料,主要包括聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料六大品种。它们的产量占塑料产量的一半以上,构成了塑料工业的主体。

2. 工程塑料

这类塑料常指在工程技术中用做结构材料的塑料。除具有较高的机械强度外,这类塑料还具有很好的耐磨性、耐腐蚀性、自润滑性及尺寸稳定性等。它们具有某些金属特性,因而现在越来越多地代替金属来做某些机械零件。

目前常用的工程塑料包括聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、ABS、聚砜、聚苯醚、聚四氟乙烯等。

3. 增强塑料

在塑料中加入玻璃纤维等填料作为增强材料,以进一步改善塑料的力学性能和电性能,这种新型的复合材料通常称为增强塑料。它具有优良的力学性能,比强度和比刚度高。增强塑料分为热塑性增强塑料和热固性增强塑料。

4. 特殊塑料

特殊塑料指具有某些特殊性能的塑料。如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂、导电塑料、导磁塑料、导热塑料以及为某些专门用途而改性得到的塑料。

1.2 塑料成型工艺性

1.2.1 塑料成型方法

将塑料原料转变成制品的加工过程叫塑料制品的生产过程,见图 1-1。塑料制品加工方法有成型、机械加工、修饰和装配四大类型。后三类加工方法必须以成型为基础。

塑料成型工艺就是将塑料通过成型加工制成制品的过程。

常用的塑料成型方法有注射、挤出、压缩、压注、吹塑、层压、浇铸、滚塑、烧结、发泡、压延、材料成型、快速成型等。选用哪一种成型方法来加工塑料取决于塑料本身的工艺性能、塑料原材料的状态及受热变化的状态。塑料状态与温度的关系见图 1-2。

热塑性塑料在恒定压力下,根据受热温度的差别,存在着三种状态,即玻璃态、高弹态和黏流态。如果温度超过黏流态的界限,聚合物便开始分解。

1. 玻璃态

塑料在温度 T_g 以下的状态为玻璃态,其在一定负荷作用下,当温度较低时形变很小,随着温度的增加,形变迅速增加,而当负荷消除后,其形变也随之消失。这是因为呈玻璃态的塑料在变形时只局限于材料内部分子间距离的改变,引起塑料体积的变化,而分子排列结构没有改变。若要将处于玻璃态温度范围的塑料加工成制品,只能采用车、铣、钳等机械加工方法。

2. 高弹态

塑料在温度 T_g 与 T_f 之间的状态为高弹态,在一定的负荷作用下,其变形随温度的升高而增大,到一定限度后即变为定值。处于高弹态的塑料的形状改变是因为分子链状结构中的个别链节发生变动,而它们在分子结构上总的排列依然不变。若要将处于高

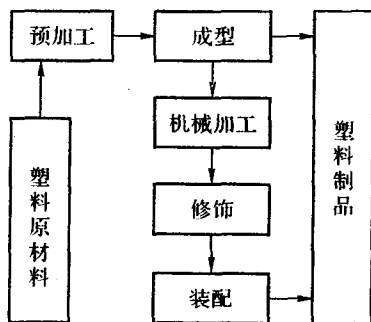


图 1-1 塑料制品的生产过程

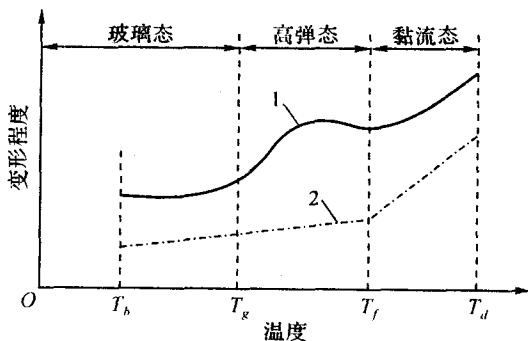


图 1-2 塑料状态和温度的关系

1—非结晶型树脂;2—结晶型树脂

弹态的塑料加工成制品,可采用热冲压、弯曲、拉延、真空气压成型等加工方法。

3. 黏流态

塑料在温度 T_f 与 T_d 之间的状态为黏流态,其已不能保持原来形状,即使在负荷解除之后,变形仍不消失。处于黏流态的塑料,在变形时材料的分子间排列秩序发生了根本性的变化。对于处于这个状态的塑料,可采用注射成型、挤出成型、吹塑成型等加工方法来制作塑料制品。当温度高于 T_d 时,塑料受热分解。

热固性塑料在受热时与热塑性塑料的状态明显不同。在开始加热时和其热塑性塑料相似,当加热到一定温度时,树脂分子链运动的结果使之很快由固态变成黏流态,这使它具有成型的性能。但这种流动状态存在的时间很短,很快塑料就硬化而变成坚硬的固体。再加热,分子运动仍不能恢复,塑料还是坚硬的固体。当温度升到一定值时,塑料开始分解。

热塑性塑料的状态、温度与成型工艺性见表 1-1,塑料的形态及适用的成型加工方法见表 1-2。

表 1-1 热塑性塑料的状态、温度与成型工艺性

状态	玻璃态	高弹态	黏流态
温度	T_g 以下	$T_g \sim T_f$	$T_f \sim T_d$
物理状态	坚硬的固态	高弹态固态,橡胶状	塑性状态或高黏滞状态
成型工艺	可作为结构材料进行锉、锯、钻、车、铣等机械加工	弯曲、吹塑、真空成型、冲压等,成型后会产生较大的内应力	可注射、挤压、压延、模压等,成型后应力小

表 1-2 塑料的形态及适用的成型加工方法

塑料的形态			适用的成型加工方法
模 塑 料	1	粉料:如电木粉、电玉粉、聚四氯乙烯、聚氯乙烯	压缩成型、压注成型、注射成型、冷压烧结成型、压延成型、挤出成型、吹塑成型等
	2	粒料:如氨基压塑料、氨基注塑料、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙、聚甲醛等	注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、吹塑成型等
	3	纤维状料:如酚醛玻纤压塑料、氨基玻纤压塑料、有机硅石棉压塑料等	压缩成型、压注成型、注射成型等
	4	层状料:如浸渍纸、浸渍棉布、浸渍石棉布、浸渍玻璃布等	压缩成型、层压模塑、卷绕成型等
	5	分散体(塑料糊):如 PVC 糊等	压延成型(生产人造革、壁纸等)、搪塑(生产玩具等)、滚塑(生产玩具、皮球等)、喷涂(金属表面的塑料涂层)等
	6	树脂溶液:如环氧树脂、有机硅树脂、酚醛树脂、不饱和聚酯、有机玻璃、浇铸尼龙、醋酸纤维等	浇铸成型、流延成型(生产薄膜)、低压成型等