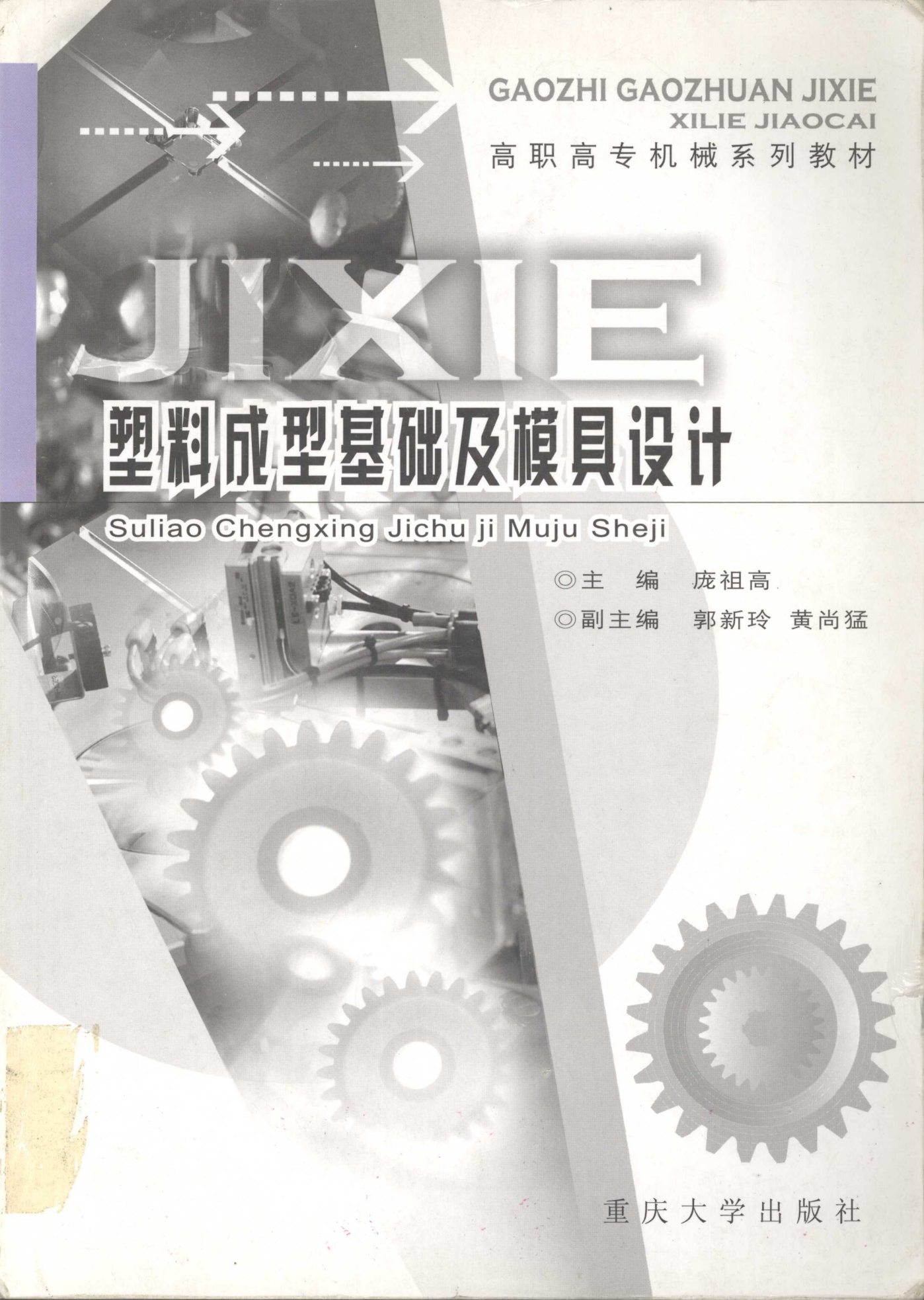




GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI
高职高专机械系列教材

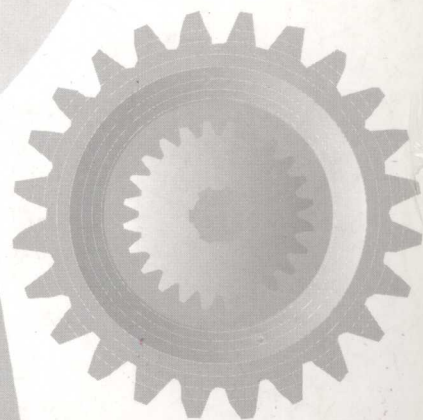
JIXIE

塑料成型基础及模具设计

Suliao Chengxing Jichu ji Muju Sheji

◎主 编 庞祖高

◎副主编 郭新玲 黄尚猛



重庆大学出版社

塑料成型基础及模具设计

主 编 庞祖高

副主编 郭新玲 黄尚猛

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书从塑料成型加工工艺的实际出发,介绍了塑料成型基础以及注射、压缩、压注、挤出、气动等塑料成型工艺模具的基本结构和设计要点;并以注射成型模具为实例,介绍了模具设计的方法、程序及步骤。全书内容简明扼要,实用性较强。

本书为高职高专塑料成型加工专业学生用教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型基础及模具设计/庞祖高主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.6
高职高专机械系列教材
ISBN 7-5624-3164-7

I. 塑... II. 庞... III. ①塑料成型—工艺—高等学校:技术学校—教材②塑料模具—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 048038 号

塑料成型基础及模具设计

主 编 庞祖高

副主编 郭新玲 黄尚猛

责任编辑:彭 宁 姚正坤 版式设计:彭 宁

责任校对:蓝安梅 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

四川外语学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.25 字数:306千

2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3164-7/TH·112

定价:17.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

21 世纪,塑料工业以前所未有的速度高速发展。塑料,在各个领域、各个行业乃至国民经济中已拥有举足轻重的不可替代的地位。

本教材根据高职高专的特点,与时俱进,将塑料的有关知识和成型的理论基础,塑料模具的结构及设计方法以通俗的语言、大量的图解介绍给读者,是一套具有高职高专特色,注重设计性、讲求实用性的教材。全书共有 10 章,由于注射模设计是全书的重点和难点,本书刻意把注射模设计单独编排为一章,此外重点地把注射模具的分类及结构组成安排为一章,把注射模具的设计步骤及实例编排为一章,每章后有思考和练习题,以使读者能在较短的时间内掌握模具结构设计的规律和设计方法。本书在编写过程中,大量参考了国内外的相关文献和资料,力求做到理论联系实际和反映国内外先进水平。

参加本书编写的有庞祖高、郭新玲、黄尚猛、刘春荣、樊泽兴、黄力。

本书由庞祖高主编,郭新玲、黄尚猛副主编。

本书在编写过程中得到了许多院校及相关老师的支持和帮助,也得到了不少生产单位的支持和帮助,他们对教材内容及编写方式提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心的感谢。

本书虽是高职高专系列塑料成型基础及模具设计教材,也可供从事塑料模具设计及制造和使用的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,时间仓促,错误和欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2004 年 1 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 塑料材料及其应用	(1)
1.2 塑料的可加工性	(5)
1.3 塑料的主要成型方法	(6)
思考与练习题	(9)
第2章 塑料成型基础	(10)
2.1 塑料成型工艺性能	(10)
2.2 塑料成型过程中的物理和化学变化	(13)
2.3 常用塑料	(15)
2.4 塑料制品的结构工艺性	(19)
2.5 塑料制品的尺寸精度及表面质量	(24)
思考与练习题	(27)
第3章 注射成型工艺	(28)
3.1 注射工艺过程	(28)
3.2 注射成型的工艺参数	(30)
思考与练习题	(33)
第4章 注射成型模具结构与注射机	(34)
4.1 注射模具的基本结构	(34)
4.2 注射模具的分类及结构组成	(36)
4.3 注射模与注射机的关系	(42)
思考与练习题	(50)
第5章 注射模设计	(51)
5.1 浇注系统的设计	(51)
5.2 成型零件的设计	(63)
5.3 导向机构的设计	(78)
5.4 推出机构的设计	(81)
5.5 侧向分型与抽芯机构的设计	(92)
5.6 温度调节系统	(110)
5.7 模具零件材料的选用及处理	(118)
思考与练习题	(119)

第 6 章 注射模的设计步骤及实例	(120)
6.1 注射模设计程序	(120)
6.2 注射模设计实例	(123)
思考与练习题	(133)
第 7 章 压缩模设计	(135)
7.1 压缩模结构及分类	(135)
7.2 压缩模结构设计要点	(139)
思考与练习题	(147)
第 8 章 压注模设计	(148)
8.1 压注模的分类及结构组成	(148)
8.2 压注模零部件设计	(150)
8.3 浇注系统的设计	(155)
思考与练习题	(159)
第 9 章 挤出模设计	(160)
9.1 挤出成型模具的结构组成	(160)
9.2 管材挤出成型机头	(162)
9.3 棒材挤出成型机头	(168)
思考与练习题	(169)
第 10 章 气动成型模具的设计	(170)
10.1 中空吹塑模具设计	(170)
10.2 真空成型模具设计	(175)
10.3 压缩空气成型模具设计	(178)
思考与练习题	(180)
附录	(181)
附录 A 常用塑料名称、代号及收缩率	(181)
附录 B 热塑性塑料制品的缺陷及产生的原因	(182)
附录 C 热固性塑料制品的缺陷及产生的原因	(184)
附录 D 常用模具材料与热处理	(185)
参考文献	(186)

第 1 章

绪 论

1.1 塑料材料及其应用

塑料是以高分子聚合物为主要成分,经与不同的添加剂混炼而成的可塑成型的混合物。它在加热、加压等条件下具有可塑性,在常温下为柔韧的固体。

所谓高分子聚合物就是由成千上万个含有反应功能团的一种或几种结构的单体通过加聚或缩聚反应合成的具有链状分子结构的高分子链,其相对分子质量一般可自几万至几十万、几百万,甚至几千万。而一般的低分子物质的相对分子质量仅为几十至几百,例如,一个水分子含有一个氧原子和两个氢原子,水的相对分子质量为 18;石灰石为 100;蔗糖为 324。高分子聚合物的原子之间具有很强的作用力,分子之间的长链会蜷曲缠绕,这些缠绕在一起的分子既可互相吸引又可互相排斥,使塑料产生了弹性。高分子聚合物在受热时不像一般低分子物质那样有明显的熔点,因从长链的一端加热到另一端需要时间,即需要经历一段软化的过程,因此塑料便具有可塑性。高分子聚合物没有精确、固定的相对分子质量,同一种高分子聚合物所含相对分子质量的大小并不一样,因此只能采用平均相对分子质量来表述。例如,低密度聚乙烯的平均相对分子质量为 2.5 万~15 万;高密度聚乙烯的平均相对分子质量是 7 万~30 万;天然橡胶为 40 万。高分子聚合物的分子量不同,其材料的性能将存在有很大的差别。

高分子聚合物常用来制造合成树脂、合成橡胶和合成纤维,它们是塑料工业的重要原料。

1.1.1 塑料的组成

塑料是由合成树脂和根据不同的需要而增添的不同添加剂所组成。

(1) 合成树脂

合成树脂是塑料的基本成分,它是人们模仿天然树脂(来自植物或动物分泌的有机物质,如松香、虫胶等,它们在受热后没有明显的熔点,能够逐渐变软,并具有可塑性)的成分用化学方法人工制取得到的。其在塑料中呈现为均一的连续相,将塑料中的其他成分粘合为一个整体,从而决定了塑料的物理和化学性能。塑料之所以具有可塑性或流动性,就是合成树脂所赋予的。

(2) 填充剂(又称填料)

添加填充剂的目的首先是为了降低塑料中树脂的使用量,以便降低制品成本;其次是为了改善塑料的加工性能和使用性能,如塑料的硬度、刚度、冲击强度、电绝缘性、而热性、成型收缩率等。例如,酚醛树脂中加入木粉后,可以获得机械强度高的胶木;加入云母、石英和石棉可提高塑料的耐热性和绝缘性。

常用的填充剂的形态有粉状、纤维状和片状三种:粉状填充剂如木粉、石棉粉、滑石粉、石墨粉等;纤维状填充剂如石棉、玻璃纤维等;片状填充剂如纸、棉布、玻璃布等。

填充剂在塑料中的含量一般控制在 40% 以下。

(3) 增塑剂

增塑剂的作用是提高塑料的可塑性和柔软性。

常用的增塑剂是液态或低熔点的固体酯类有机化合物,如甲酸酯类、磷酸酯类、邻苯二甲酸酯等。增塑剂的加入会降低塑料的稳定性、介电性能和机械强度。因此在塑料中应尽可能地减少增塑剂的含量。大多数塑料一般不添加增塑剂。

目前工业上只有聚氯乙烯、醋酸纤维、硝酸纤维等少数几种塑料添加增塑剂,其中聚氯乙烯的增塑剂含量达 80% 以上。

(4) 增强剂

增强剂用于改善塑料制件的机械力学性能。但增强剂的使用会带来流动性的下降,恶化成型加工性,降低模具的寿命以及流动充型时会带来纤维状填料的定向问题。

常用的增强剂有纤维类材料及其织物,如玻璃纤维、石棉纤维、亚麻、棉花、碳纤维等,其中玻璃纤维及其织物用得最多。

(5) 稳定剂

添加稳定剂的作用是提高塑料抵抗光、热、氧及霉菌等外界因素作用的能力,阻缓塑料在成型或使用过程中的变质。根据外界因素作用所引起的变质倾向与程度,稳定剂主要有热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂等几大种类。如热稳定剂有有机锡化合物等;光稳定剂有炭黑等;抗氧化剂有酚类化合物等。

稳定剂的用量一般为塑料的 0.3% ~ 0.5%。

(6) 润滑剂

润滑剂对塑料的表面起润滑作用,防止熔融的塑料在成型过程中粘附在成型设备或模具上;在塑料中添加润滑剂还可改进熔体的流动性能,同时也可以提高制品表面的光亮度。

常用的润滑剂有石蜡、硬脂酸及其盐类等。使用润滑剂的塑料有聚苯乙烯、尼龙、ABS、硬聚氯乙烯等。

添加润滑剂的量一般小于 1.5%。

(7) 着色剂

合成树脂的本色大都是白色半透明或无色透明的。在工业生产中常利用着色剂来增加塑料制品的色彩。

对着色剂的要求是:耐热,耐光,性能稳定,不分解,不变色,不与其他成分发生不良化学反应,易扩散,着色力强,与树脂有良好的相溶性,不发生析出现象。着色料添加量应小于 2%。

常用的着色剂有有机颜料和矿物颜料两类。有机颜料如颜色钠猩红、颜料蓝、炭黑等,矿物颜料如铬黄、绛红镉、氧化铬、铝粉末等。

(8) 固化剂

在热固性塑料成型时,有时要加入一种可以使合成树脂完成交联反应而固化的物质。如,在酚醛树脂中加入六甲基四胺;在环氧树脂中加入乙二胺或顺丁烯二酸酐等。这类添加剂称之为固化剂或交联剂。

(9) 其他辅助剂

根据塑料的成型特性与制品的使用要求,在塑料中添加的添加剂成分还有阻燃剂、发泡剂、静电剂、导电剂、导磁剂、相容剂等。

1.1.2 塑料的分类

目前,塑料的品种已达 300 多种,常用的约有 30 多种。从不同角度、按照不同原则,其分类的方式也各不相同。常用塑料一般按下述两种方法分类:

(1) 按合成树脂的分子结构及其成型特性分类

1) 热塑性塑料。这类塑料的合成树脂都是线型或带有支链型结构的聚合物,如图 1.1 (a), (b) 所示。它在一定的温度下受热变软,成为可流动的熔体。在此状态下可塑制成型制品,并在冷却后保持既得的形状;如再加热,又可变软塑制成另一形状,如此可以反复进行。在这一过程中一般只是物理变化,其变化过程是可逆的。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚甲醛、ABS 等塑料均属此类。

2) 热固性塑料。这类塑料的合成树脂是带有体型网状结构的聚合物,如图 1.1 (c) 所示。在加热之初,因分子呈线型结构,具有可熔性和可塑性,可塑制成一定形状的制品;但温度继续加热温度达到一定程度后,分子呈现网状结构,树脂变成了不熔的体型结构,此时即使再加热到接近分解的温度,也不再软化。在这一变化过程中既有物理变化,又有化学变化,因而其变化过程是不可逆的。如酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、不饱和聚酯塑料等均属此类。

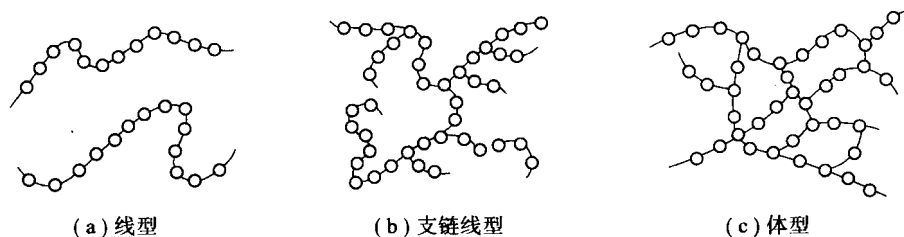


图 1.1 聚合物分子链结构示意图

(2) 按塑料的应用范围分类

1) 通用塑料。指产量大、成形性好、价格低、用途广,常作为非结构材料使用的塑料。主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料与氨基塑料等六大品种在内的塑料,其产量约占塑料总产量的 75% 以上。

2) 工程塑料。指具有优良的力学性能和较宽温度范围内的尺寸稳定性,同时还具有耐磨、耐腐蚀、自润滑等综合性能,能在一定程度上代替金属作为工程结构材料使用的塑料。主要有聚酰胺(尼龙)、聚砒、聚甲醛、聚碳酸酯、ABS、聚苯醚、聚四氟乙烯等。

3) 特殊塑料。指具有某些特殊性能的塑料,这类塑料通常有高的耐热性或高的电绝缘性及耐腐蚀性。如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂等。

1.1.3 塑料的性能和用途

由于塑料中高分子聚合物的巨大相对分子质量以及各种添加剂的存在,使得塑料具有特殊的物理性能和化学性能。

1) 密度小、质量轻

塑料的密度为 $0.9 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$,但大多数都在 $1.0 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$,只相当于钢材密度的 0.11 和铝材的 0.5 左右。如果采用发泡工艺生产的泡沫塑料,则密度会更小,其数值可以小到 $0.01 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$ 。密度小意味着质量轻,这对于要求减轻自重的车辆、船舶和飞机有着特别重要的意义。由于质量轻,塑料特别适合制造轻的日用品和家用电器。

2) 比强度高

按单位质量计算材料的抗拉强度称为比强度。若按比强度大小来评价材料的使用性能,则一些特殊的塑料并不逊于金属。例如,一般钢材的拉伸比强度约为 160 MPa,而用玻璃纤维增强塑料的拉伸比强度高达 170 ~ 400 MPa。所以一般塑料除制造日用品外,还可用于工程机械中。玻璃纤维增强塑料可用作负载较大的结构零件。

3) 绝缘性能好、介电损耗低

金属导电是其原子结构中自由电子和离子作用的结果,而塑料原子内部一般都没有自由电子和离子,所以大多数塑料都具有良好的绝缘性能以及很低的介电损耗。因此,塑料是现代电工行业和电器行业不可缺少的原材料,许多电器用的插头、插座、开关、手柄等,都是塑料制成的。

4) 化学稳定性高

一般金属材料的耐腐蚀能力都很有限,而多数塑料对酸、碱和许多化学药品都具有良好的耐腐蚀能力;俗称“塑料王”的聚四氟乙烯化学稳定性最高,能耐“王水”等极强腐蚀性电解质的侵蚀。因此被用来制成各种管道、密封件和换热器等,而广泛地运用于化学工业中。

5) 减振消音性能好

由于塑料中树脂分子具有柔韧而富有弹性的特点,能将外界振动的机械能转变为热能,故塑料具有良好的吸振、减振和消音性能。因此塑料可以用来制造高速运转的机械零件和汽车的保险杠、内装饰板等结构零件。

6) 减摩、耐磨性能好

大多数塑料都具有优良的减摩、耐磨和自润滑特性,在塑料中加入某些固体润滑剂和耐磨填料时,还可进一步降低其摩擦系数,提高其耐磨性和自润滑性。这是一般金属零件无法与其相比的,因而在现代工业中一些特殊的场合已用塑料制造齿轮、轴承和密封圈等机械零件。

此外,塑料还具有绝热性、可电镀性、可焊接性、易着色性、防水、防潮、防辐射、透光性等特点。

虽然塑料有一系列的优点,但也有其不足之处,例如与金属相比,其强度不高,耐热性及散热性差,制品的尺寸稳定性差,易老化,不易自行降解等。但是随着科学技术的发展,这些不足之处正得以逐步克服。

1.2 塑料的可加工性

1.2.1 塑料的加工适应性

温度对于塑料的加工有着重要的影响。随着加工温度的逐渐升高,塑料将经历玻璃态、高弹态、粘流态直至分解。处于不同状态下的塑料表现出不同的性能,这些性能在很大程度上决定了塑料对加工的适应性。

图 1.2 为热塑性塑料的弹性模量 E 、形变率 $\dot{\gamma}$ 与温度 T 的曲线关系。其中 T_g 为玻璃态温度, T_f 为塑料流动温度, T_m 为塑料熔点温度, T_d 为塑料分解温度。从图中可见,处于玻化温度 T_g 以下的塑料为坚硬的固体。由于弹性模量高、形变率小,故在玻璃态的塑料不宜进行大变形的成型加工,但可进行车、铣、刨、钻等机械切削加工。 T_g 是材料使用的下限温度;在 T_g 以上的高弹态,塑料的弹性模量显著减小,形变能力大大增强。对于无定形塑料,在高弹态靠近聚合物流动或软化温度 T_g 一侧的区域内,材料的粘性很大,某些塑料可进行真空成型、压力成型、压延和弯曲成型等。由于此时的变形是可逆的,为了得到符合形状尺寸要求的制品,在加工中应把制品温度迅速冷却到 T_g 以下的温度固化定型。对于结晶形塑料,当外力大于材料的屈服点时,可在 T_g 至熔点温度 T_f 的区域内进行薄膜或纤维的拉伸。此时 T_g 是大多数塑料加工的最低温度。

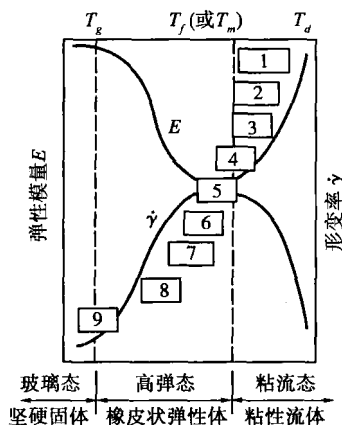


图 1.2 热塑性塑料的状态与加工的关系

- 1—熔融纺丝;2—注射成型;3—薄膜吹塑;4—挤出成型;5—压延成型;
6—中空成型;7—真空成型和压力成型;8—薄膜和纤维热拉伸;9—薄膜和纤维冷拉伸

T_f 不仅是塑料流动温度,也是高弹态的上限温度。由 T_f (或者 T_m) 开始,塑料呈粘流态。通常将呈粘流态的塑料称为熔体。在 T_f 以上不高的温度范围内常进行压延、挤出和吹塑成型等。在比 T_f 更高的温度下,塑料的弹性模量降低到最低值,较小的外力就能引起熔体宏观流动。此时在形变中主要是不可逆的粘性形变。塑料在冷却后能够将形变永久保持下去,因此在这个温度范围内常进行熔融纺丝、注射、挤出和吹塑等加工。但是过高的温度容易引起制品产生溢料、翘曲等弊病,当温度高到分解温度 T_d 时还会导致塑料分解,以致降低制品的物理、

力学性能或者引起制品外观不良。因此, T_f 和 T_g 一样, 都是塑料进行加工的重要参考温度。

1.2.2 塑料的可挤压性

塑料在加工过程中常受到挤压作用, 例如塑料在挤出机和注射机料筒中以及在模具中都受到挤压作用。塑料的可挤压性是指塑料在受到挤压作用时获得形状和保持这种形状的能力。

通常条件下塑料在固体状态不能采用挤压成型, 只有当塑料处于粘流态时才能借助于挤压获得宏观的形变。在挤压过程中, 塑料熔体主要受到剪切作用, 故塑料的可挤压性主要取决于熔体的剪切粘度。大多数塑料熔体的粘度随剪切力或剪切速率的增大而降低。

如果在挤压过程中塑料的粘度很低, 虽然流动性很好, 但保持形状的能力较差; 反之, 若塑料的粘度很高, 则会造成流动性差、成型困难。

1.2.3 塑料的可模塑性

塑料的可模塑性是指在一定的温度和压力作用下塑料在模具中模塑成型的能力。具有可模塑性的材料可通过注射、压缩、压注和挤出等成型方法制得各种形状的模塑制品。

可模塑性主要取决于塑料的流变性、热性质和其他物理力学性质, 热固性塑料的可模塑性还与聚合物的化学反应性有关。

模塑条件对塑料可模塑性的影响可以用图 1.3 所示的模塑窗口 A 来说明。

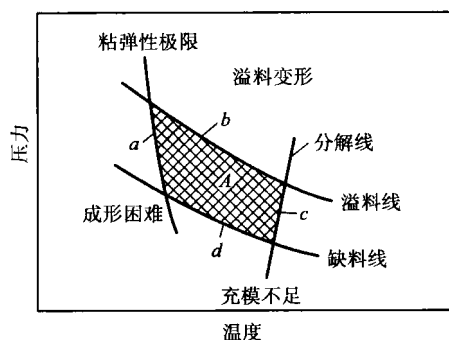


图 1.3 模塑窗口图

A—成型区域; a—表面不良线; b—溢料线; c—塑料分解线; d—缺料线

从模塑窗口图可见, 成型温度过高虽然有利成型, 但会引起塑料分解, 制品的收缩率也会增大; 成型温度过低则熔体粘度大, 流动困难, 且因弹性发展, 明显地使制品形状稳定性变差。适当地增大压力, 能改善熔体的流动性, 但过高的压力会引起模具溢料并增加制品的内应力; 压力过低又会造成充模不足。因此, 要能顺利得到质量好的制品, 就要充分考虑温度和压力两者的关系, 把温度和压力控制在模塑窗口的区域内。

1.3 塑料的主要成型方法

塑料的成型是指将配制好的塑料原料(粉料、粒料、溶液或分散体)在一定的工艺装备和

工艺条件下塑制成所需形状、尺寸的塑料制品的过程。

根据塑料在不同温度与压力条件下的热力学特性,主要有下面六种成型方法。

1.3.1 注射成型

注射成型又称注射模塑或注塑成型,几乎所有的热塑性塑料(除氟塑料外)及部分热固性塑料皆可经注射成型而获得各种形状的塑料制品,其应用覆盖了国民经济的各个领域。

如图1.4所示,注射成型的过程是将粒状或粉状的塑料从注射机料斗中加入到塑化料筒内,经受热(电加热及剪切摩擦热)而熔融塑化成粘流态,然后,熔融塑料在柱塞或螺杆的推动下经料筒前端的喷嘴及模具的浇注系统而被注射入模具的型腔,经过一定时间的保压及冷却,待制品在模具型腔内固化定型后,注射机锁模机构动作,打开模具,推出制品。

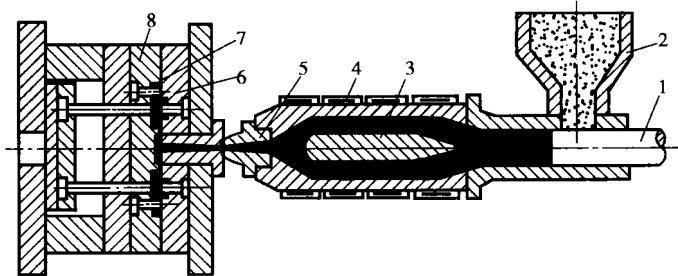


图 1.4 注射成型原理

1—柱塞;2—料斗;3—分流梭;4—加热器;5—喷嘴;6—定模板;7—制品;8—动模板

注射成型周期短,能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑料制品,同时还是获得中空塑料制品型坯的重要工艺方法。注射成型对各种塑料的适应性强,生产效率高,易于实现全自动化生产,但注射成型的设备价格及模具制造费用较高,不适合单件及批量较小的塑料制品的生产。

1.3.2 压缩成型

压缩成型又称压制成型、压缩模塑或模压成型,如图1.5所示。压缩成型的原理是将粉状、粒状、纤维状或经预压的坯状塑料定量地加入处于成型温度下的模具型腔中(见图1.5(a)所示),然后闭模及加压加热,塑料在型腔内受热受压,熔融塑化并向型腔各部位充填(见图1.5(b)所示),待塑料充分固化定型后,卸压启模即得模压制品(见图1.5(c)所示)。

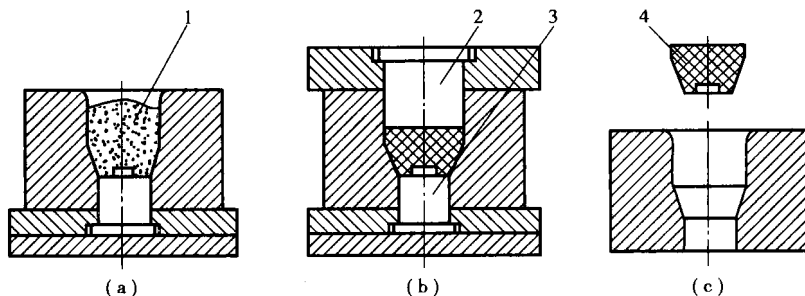


图 1.5 压缩成型原理

1—塑料粉(粒);2—凸模;3—下型芯;4—制品

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。

在压缩热固性塑料时,塑料一直处于高温的压缩模中,塑料在受压受热的状态下,先由固体变为熔体,并充填型腔以获得与型腔一致的形状;随着高温高压熔体交联反应的进行,熔体逐渐交联固化而定型,最后脱模成为制品。

热塑性塑料的压缩成型,其前一阶段与热固性塑料相同,但由于没有交联反应,所以待型腔充满后,须将压缩模冷却,以使型腔内的熔体产生冷凝固化而定型,再脱模成为制品。由于热塑性塑料模压时,其模具需要交替地加热与冷却,生产周期长,故热塑性塑料制品的成型以注射成型更为经济,只有在生产较大平面的热塑性塑料制品时,才采用模压成型。

1.3.3 压注成型

压注成型又称传递成型,它是结合注射模塑的特点,在改进压缩成型的基础上发展起来的一种热固性塑料的成型方法,如图 1.6 所示。压注成型的原理是将热固性塑料置于高温的模具加料腔内(见图 1.6(a)所示),使其受热熔融塑化成粘流态,并在压柱的压力作用下,通过模具的浇注系统注射入闭合的模腔中(见图 1.6(b)所示);熔融塑料在此继续受热受压,经交联固化而定型;最后打开模具获得所需形状的制品(见图 1.6(c)所示)。

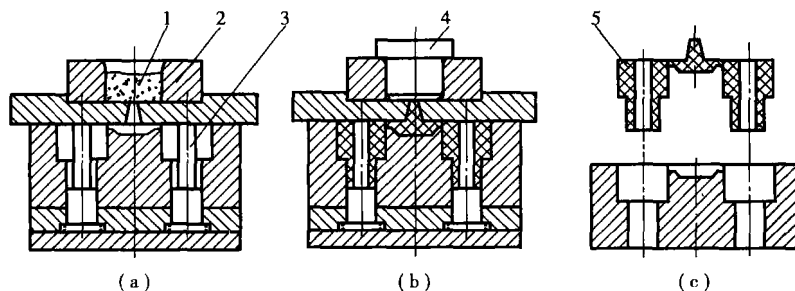


图 1.6 压注成型原理

1—塑料粉(粒);2—加料腔;3—凸模;4—压柱;5—制品

压注成型与压缩成型的区别是:具有单独的或隔离的加料室,在加料时模具呈闭合状态,塑料在加料室内受热塑化,模具具有专门的浇注系统,塑料在流经浇口时能伴随强烈的剪切摩擦作用而较快地、均匀地熔融。压注成型充型能力强,能成型外形复杂、薄壁或壁厚变化较大、带有精细嵌件的制品;制品形状尺寸精度高、表面质量好。但压注模结构较为复杂,制造成本高,且因有流道凝料而材料利用率低等。

1.3.4 挤出成型

挤出成型又称挤压成型,如图 1.7 所示。其成型原理是借助于转动的螺杆,将料斗中粒状或粉状的塑料送入加热料筒中,料筒内的塑料在受到料筒外的电加热和螺杆的剪切摩擦热的作用而逐渐熔融塑化成粘流态,与此同时,塑料还受到螺杆的搅拌而均匀分散,并不断推向前进;最后,塑化均匀的熔体通过具有一定形状的挤出模具(机头 2 与口模 3)并在定型、冷却、牵引和切断等一系列的辅助装置的作用下,成型为具有一定截面形状连续型材,如管材、棒材、板材、片材、单丝、薄膜、电线电缆的包覆层及其他的异型材等。

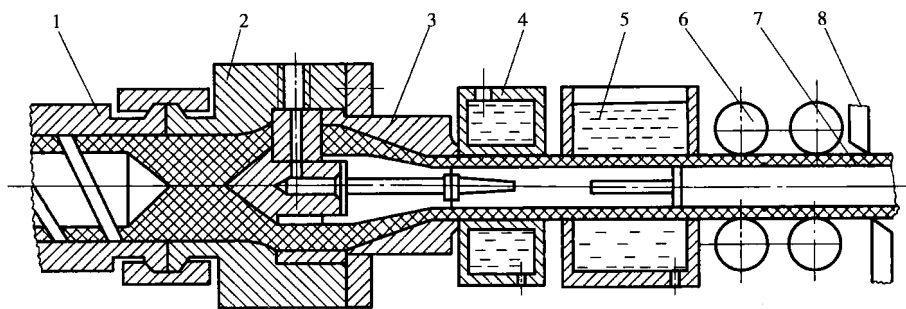


图 1.7 挤出成型原理

1—挤出机料筒;2—机头;3—口模;4—定径装置;5—冷却装置;6—牵引装置;7—塑料管;8—切割装置

1.3.5 中空成型

中空成型又称中空吹塑成型(见图 10.1 ~ 10.4)。中空成型的原理是先通过挤出或注塑的成型方法生产出高弹状态的塑料型坯;再把塑料型坯放入处于打开状态的瓣合式吹塑模具内,闭合模具;然后向型坯内吹入压缩空气,使高弹塑料型胀开并紧贴在模腔表壁,经冷却定型后,获得与模具型腔形状一致的中空制品。中空成型主要用于生产塑料瓶子、水壶、提桶、玩具等。

1.3.6 固相成型

固相成型方法是使塑料在粘流温度或熔点以下的固体状态下成型,故称为固相成型。固相成型过程中,由于塑料不用熔融,多用于塑料板材的二次成型加工。固相成型方法主要有真空成型(见图 10.9 ~ 图 10.11)、压缩空气成型(见图 10.12)和压力成型等。

固相成型过程有板材的夹持、板材的加热、施压成型、冷却和脱模等五个基本步骤。

思考与练习题

- 1.1 什么是塑料? 塑料的辅助添加剂有哪些种类? 作用是什么?
- 1.2 高分子聚合物的分子结构有哪几种结构类型?
- 1.3 什么是热塑性塑料? 什么是热固性塑料? 两者在本质上有何区别?
- 1.4 通用塑料包括哪六大品种?
- 1.5 塑料具有什么样的性能和用途?
- 1.6 塑料的主要成型方法有哪些? 简述这些成型方法和原理。

第 2 章

塑料成型基础

2.1 塑料成型工艺性能

2.1.1 塑料的成型收缩

制品从热模具中取出并冷却到室温后(经 16 ~ 24 h),其尺寸或体积发生缩小的现象,称为塑料的成型收缩。成型收缩的大小用制品相对收缩量的百分数来表示,称为收缩率(S)。由于模具材料与塑料的线胀系数不同,在工程应用上,常有实际收缩率与计算收缩率之分,其表达式分别为:

$$S_s = (a - b)/b \times 100\% \quad (2.1)$$

$$S_j = (c - b)/b \times 100\% \quad (2.2)$$

式中: S_s ——实际收缩率;

S_j ——计算收缩率;

a ——制品在成型温度时的尺寸(mm);

b ——制品在室温时的尺寸(mm);

c ——模腔在室温时的尺寸(mm)。

实际收缩率与计算收缩率相差不大,前者针对大型、精密模具成型零件尺寸的设计时采用;后者适用于一般的中、小型模具成型零件尺寸的设计。

当 S_j 已知时,可用 S_j 来计算型腔的尺寸,即:

$$c = b(1 + S_j) \quad (2.3)$$

S_j 可查附录 A。选取塑料收缩率的一般原则如下:

①对于收缩率范围较小的塑料品种,可按收缩率的范围取中间值,此值称为平均收缩率。

②对于收缩率范围较大的塑料品种,应根据制品的形状,特别是根据制品的壁厚来确定收缩率,对于壁厚者取上限(大值);对于壁厚者取下限(小值)。

③若对高精度塑料制品或者某种塑料的收缩率缺乏精确的数据时,可留修模余量以便在试模后修正。

④对于收缩量大的塑料,可利用现有的或者材料供应部门提供的计算收缩率的图表来确定收缩率;也可以收集一些包括该塑料实际收缩率及相对应的成型工艺条件等数据,然后用比较法进行估算。

(1) 导致塑料成型收缩的因素

- 1) 塑料材料的热胀冷缩。
- 2) 制品脱模后的弹性恢复。
- 3) 方向性收缩。成型时由于高分子聚合物沿料流方向取向,而导致制品呈现各向异性。沿料流方向收缩大,与料流垂直方向的收缩小。

(2) 影响塑料成型收缩的因素

1) 塑料品种。各种塑料都具有各自的收缩率,即使是同种塑料,由于其树脂的相对分子质量、填料及配方的不同,其收缩性也不同。一般情况下,热塑性塑料的收缩率大于热固性塑料,结晶型塑料的收缩率大于非结晶型塑料;塑料中树脂的相对分子质量越高、树脂的含量越多,则该塑料的成型收缩率越大。

2) 制品结构。制品的形状、尺寸、壁厚,有无嵌件,嵌件数量及其分布等都对塑料的成型收缩率以及制品不同部位的收缩率产生较大的影响。如制品形状复杂、壁薄、有嵌件、嵌件数量多且分布对称,则收缩率将降低。

3) 模具结构。模具的型腔布局、分型面位置、浇注系统的设计、温度控制系统的布置等模具结构因素都会直接影响熔体在型腔内的流动状态、密度分布以及保压补缩等工艺过程,从而对塑料的成型收缩产生影响。如注射成型时,采用直接浇口或大截面浇口,则收缩小。

4) 成型工艺。模塑成型的工艺条件,如压力、温度、时间等对塑料的收缩率也有很大的影响。成型压力越高,熔体被压实的程度增大,制品密度增高且制品脱模后的弹性恢复增大,从而使成型收缩率减小;保压压力越高、保压时间越长,则收缩率越小,但收缩的方向性越突出。熔体温度对收缩率的影响是两个因素叠加的结果:一方面料温提高,则塑料的热收缩增大;另一方面,料温升高,熔体粘度降低,压力传递效果好,有利于型腔内熔体的压实,从而使收缩率降低。一般来说,对于粘度对温度不敏感的塑料,料温升高,其成型收缩率增大;对于粘度对温度敏感的塑料,料温升高,其成型收缩率降低。模具温度升高,成型收缩率增大。

2.1.2 塑料的流动性

在塑料的模塑成型过程中,塑料熔体在一定的温度和压力下充填模具型腔的能力,称为塑料的流动性。

由于塑料中聚合物的高分子特性,流动的产生实质上是高分子间相对滑移的结果。聚合物熔体的滑移是通过分子链段运动来实现的。显然,流动性主要取决于分子组成、相对分子质量大小及其结构。只有线型分子结构而没有或很少有交联结构的聚合物流动性好;而体型结构的高分子一般不产生流动。聚合物中加入填料会降低树脂的流动性;而加入增塑剂、润滑剂则可以提高流动性。

塑料流动性的好坏,直接影响制品结构设计、成型工艺与成型模具的设计。流动性过高,易导致溢料、流涎、填充不实、制品组织疏松、易粘模等;流动性偏低,则易产生填充不足、缺料、成型压力大、不易成型等。

影响塑料流动性的因素主要有以下几方面: