

职业 教育 示 范 性 教 材



中等职业学校机电类专业规划教材·模具

塑料工艺与 模具结构

陈芬桃 主编 周志源 谢惠 丁志林 主审

湖南大学 出版社

职业教育示范性教材
中等职业学校机电类专业规划教材

塑料工艺与模具结构

主 编 陈芬桃
副主编 刘钰莹 丁红波 张小龙
主 审 周志源 谢 惠 丁志林
编 委 (以姓氏笔画为序)
丁红波 丁志林 刘钰莹
张小龙 陈芬桃 周志源
谢 惠

湖南大学出版社

2009年·长沙

内 容 简 介

本书采用项目教学法和任务驱动法,全面分析了塑料模设计与制造过程中各个方面的问题。全书内容将工艺、结构、制造融为一体,力求理论联系实际,以培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

本书可作为中职学校模具设计与制造专业以及机械、机电、数控等相关专业的教材,还可作为相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料工艺与模具结构/陈芬桃主编. —长沙:湖南大学出版社,2009.5
(中等职业学校机电类专业规划教材)

ISBN 978-7-81113-555-8

I. 塑... II. 陈... III. ①塑料成型—生产工艺—专业学校—教材
②塑料模具—设计—专业学校—教材
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 084956 号

塑料工艺与模具结构

Suliao GongYi yu Muju Jiegou

总 主 编: 沈言锦

主 编: 陈芬桃

责任编辑: 张建平

封面设计: 晓艺视觉

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(发行部), 88820006(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88649312(发行部), 88822264(总编室)

电子邮箱: presszhangjp@hnu.cn

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装: 衡阳顺地印务有限公司

开本: 787×1092 16 开

印张: 11.75

字数: 300 千

版次: 2009 年 7 月第 1 版

印次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-81113-555-8/TH·30

定价: 22.00 元

版权所有, 盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错, 请与发行部联系

前 言

本教材是根据《塑料工艺与模具结构》课程教学大纲,在总结近几年各中职学校模具专业的教改经验基础上编写而成的。

本书采用项目教学法和任务驱动法,全面分析了塑料模设计与制造过程中各个方面的问题。全书内容将工艺、结构、制造融为一体,力求理论联系实际,以培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

为了贯彻中等职业教育与实践相结合的理念,本教材由湖南大学出版社联合湖南宇航科技有限公司共同开发(湖南宇航科技有限公司是一家生产模具教学仪器的厂家,长期跟踪生产一线的前沿模具),书中吸收了该公司的先进模具制造工艺,编入了大量的企业生产实例。

本书由湘潭技师学院陈芬桃任主编,怀化职业技术学院刘钰莹、湖南工业技术学院丁红波和湘潭县第一职业中专张小龙任副主编,益阳南县职业中专周志源、谢惠、丁志林任主审。具体分工为:陈芬桃编写项目三中的任务一、二、三、四、九、十、十一、十二和项目五,刘钰莹编写项目三中的任务五、六、七、八,丁红波编写项目二和项目四,张小龙编写项目一。本书还配有动画,挂在湖南宇航科技有限公司的网站(www.yuhang.com.cn)上,欢迎老师和同学们观看。

本书可作为中职学校模具设计与制造专业以及机械、机电、数控等相关专业的教材,还可作为相关工程技术人员的参考书。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

编 者

2009年5月

目 次

项目一 塑料基础知识.....	001
任务一 塑料组成与分类.....	002
任务二 塑料的性能与常用塑料.....	005
任务三 塑料制品.....	015
项目二 塑料模塑方法.....	037
任务一 注射成型.....	038
任务二 压缩成型.....	040
任务三 压注成型.....	043
任务四 挤出成型.....	044
任务五 气动成型.....	045
项目三 注射成型模具.....	051
任务一 注射成型模具概述.....	052
任务二 注射模与注射机的关系.....	060
任务三 型腔的布置与分型面的选择.....	069
任务四 浇注系统及其结构.....	076
任务五 成型零部件及其结构.....	087
任务六 侧向抽芯机构及其结构.....	098
任务七 推出机构及其结构.....	114
任务八 合模导向机构及其结构.....	122
任务九 加热和冷却系统及其结构.....	126
任务十 排气和引气系统及其结构.....	132
任务十一 模架与支承零部件的结构.....	136
任务十二 注射成型新技术.....	140
项目四 其他成型模具	147
任务一 压缩模及其结构.....	148
任务二 压注模及其结构.....	151
任务三 真空吹塑模.....	157
任务四 精密注射模具	159

任务五 其他成型模具.....	161
项目五 塑料模具材料及选用.....	163
附 表.....	171
附表 A 内地与港台地区模具术语对照表	171
附表 B 塑料及树脂缩写代号(GB/T 1844—80)	172
附表 C 模塑件尺寸公差表(GB/T 14486—1993)	174
附表 D 常用国产 SZ 系列注射机技术参数	176
参考文献.....	180

项目一 塑料基础知识

塑料是以天然或合成的高分子化合物为主要成分,添加适量的高分子添加剂如填料、稳定剂、增塑剂、着色剂等再经成型加工,获得制品,并能在常温下保持其形状不变的材料。

- ✦ 任务一 塑料组成与分类
- ✦ 任务二 塑料的性能与常用塑料
- ✦ 任务三 塑料制品

任务一 塑料组成与分类

内容简介

本任务主要介绍塑料的概念、组成及分类。

目的与要求

1. 掌握塑料的概念；
2. 掌握塑料的组成和分类。

重点和难点

1. 重点
(1) 塑料的概念与塑料的组成；
(2) 塑料的分类。
2. 难点
各种概念的理解。

一、塑料定义及组成

塑料是以天然或合成的高分子化合物为主要成分,添加适量的高分子助剂如填料、稳定剂、增塑剂、着色剂等再经成型加工,获得制品,并能在常温下保持其形状不变的材料。

塑料属于有机高分子材料。其基本组分天然或合成树脂的性能决定了塑料的类型和主要性能。树脂是高聚物,其分子由许多单体单元所构成,这些单体单元称为链节。树脂的一个分子中可以包括数百、数千、数万甚至数十万个链节,因此树脂的相对分子质量(即分子量)可以由数万、数十万至数百万。这些链节相互连接构成很长的链状分子。热固性塑料固化后,树脂的每个链状分子之间能以化学键相连,构成三维的网状结构大分子。

树脂的一个大分子中所含的链节数称为聚合度。一种树脂的大分子中,聚合度会有很大差别,使相对分子有较大质量差别,这一特性称为相对分子质量的多分散性。这是由于生成树脂时,单体之间发生反应时,分子链的增长是一个随机过程,又受多种复杂因素影响,使各个大分子的链长有很大差别。因此,树脂的相对分子量总是用平均值来表示。同一种树脂,平均相对分子质量相同,相对分子质量的分散性可能会有差别。平均相对分子质量和相对分子质量分散度对树脂的许多性能有影响,从而对塑料的许多性能,特别是力学性能,例如拉伸和冲击强度、弹性、流动性等都有重大影响。平均相对分子质量越大,力学性能越好,流动性越差。平均相对分子质量相同,相对分子质量分散性越小,力学性能越好。

根据需要,树脂中可以加入称为助剂的其他成分,成为塑料配料,可改善或调节塑料性能。常用的助剂有填料、增塑剂、润滑剂、着色剂、抗氧剂、光稳定剂、固化剂、泡沫塑料中还需加入的发泡剂等。并非所有塑料配料中都必须加入上述各种助剂,而是根据塑料的预定用途和树脂的基本性能有选择地加入某些助剂,也有不加助剂以纯树脂形式使用的塑料。

不同塑料品种之间,不仅由于树脂主链化学组成和结构、侧取代基化学组成和排列规律(构型)的不同有较大差别,以同一树脂为基础的塑料所含助剂品种数量不同,性能亦有很大不同,这使得塑料的品种、品级出现了多样性,性能和应用范围有很大差别。

二、塑料的分类

塑料在一定温度和压力下,能塑化流动并成型为一定形状和尺寸、经过冷却凝固(热塑性塑料)或固化交联(热固性塑料)成为能够保持这种形状和尺寸的制品。塑料是有机高分子材料中的一个重要分支,品种多,产量大,用途广。对于品种繁多的塑料,可以按如下方法分类。

1. 按受热时的行为分

(1) 热塑性塑料

加热时变软以至流动,冷却变硬,这种过程是可逆的,能够反复进行。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺、丙烯酸类塑料、其他聚烯烃及其共聚物、聚砜、聚苯醚、氯化聚醚等都是热塑性塑料。热塑性塑料中树脂分子链都是线型或带支链结构,分子链之间无化学键产生,加热时软化流动,冷却变硬的过程是物理变化。

(2) 热固性塑料

第一次加热时可以软化流动,加热到一定温度,产生化学反应——交联固化而变硬,这种变化是不可逆的。此后再次加热时,已不能变软流动了。正是借助这种特性进行成型加工,利用第一次加热时的塑化流动,在压力下充满型腔,进而固化成为确定形状和尺寸的制品。这类材料称为热固性塑料。

热固性塑料树脂固化前是线型或带支链的,固化后分子链之间形成化学键,成为三维的网状结构,不仅不能再熔融,在溶剂中也不能溶解,成为不熔不溶的塑料。酚醛、脲醛、三聚氰胺甲醛、环氧、不饱和聚酯、有机硅等塑料都是热固性塑料。

2. 按树脂合成时的反应类型分

按塑料中树脂合成时的反应类型,可将树脂分为聚合型树脂和缩聚型树脂,相应的塑料分别称为聚合型塑料和缩聚型塑料。

(1) 聚合型塑料

树脂是由聚合反应制得的。这种树脂一般是由含有不饱和键,主要是双键的单体,借双键打开生成的。反应过程中无低分子产物释出。聚烯烃、聚卤代烯烃、聚甲醛、丙烯酸类塑料都属于聚合型塑料。聚合型塑料都是热塑性塑料。

(2) 缩聚型塑料

树脂是由缩聚反应制得的。这类树脂一般是由含有某种官能团(最少含有两个官能团)的单体,以官能团之间的反应使单体连接起来而形成。聚酰胺、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜、酚醛、环氧、氨基塑料等都是缩聚型塑料。缩聚型塑料的部分品种为热固性塑料,另一些是热塑性塑料。

3. 按塑料中树脂大分子的有序状态分

(1) 无定形塑料

树脂大分子的排列是无序的。这种塑料,由于树脂分子链的结构特点,或因热力学原因,或成型过程工艺条件范围的限制,分子链不会产生有序的整齐堆砌形成结晶结构,而呈现无规则的随机排列。在纯树脂状态,这种塑料是透明的。

(2) 结晶型塑料

树脂大分子排列呈现出三向远程有序。从熔融状态冷却变为制品过程中,树脂的分子链能够有序地紧密堆砌产生结晶结构。一般所谓的结晶型塑料,实际上都是半结晶的,不像低分子晶体(例如 NaCl)那样能产生 100% 的结晶度。树脂大分子链排列呈现出无定形相与结晶

相共存的状态。成型条件对结晶度和晶态结构有明显影响,从而对制品性能有明显影响。结晶结构只存在于热塑性塑料中。

4. 按性能和应用范围分

按性能和应用范围,可将塑料分为通用塑料、工程塑料、特种塑料。

(1) 通用塑料

通用塑料是指产量大、价格低、来源广,应用领域广泛的塑料。通用塑料一般具有良好的加工工艺性,能应用多种工艺,加工多种用途制品。通用塑料一般不具有突出的综合力学性能和耐热性,不适于承载要求较高的结构件和在较高温度下工作的耐热件。但各种通用塑料都有各自的某些优异性能,使其具有广泛的用途。聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料合称五大通用塑料。其他聚烯烃、乙烯基塑料及其共聚物与改性材料、丙烯酸塑料、氨基塑料等也都属于通用塑料。

(2) 工程塑料

一般指那些具有突出力学性能、耐热性,或优异耐化学试剂、耐溶剂性,或在变化的环境条件下可保持良好绝缘介电性能的塑料。工程塑料一般可以作为承载结构件,升温环境下的耐热件和承载件,升温条件、潮湿条件、大范围的变频条件下的介电制品和绝缘用品。工程塑料的生产批量小,价格也较昂贵,用途范围相对狭窄,一般都是按某些特殊用途生产一定批量的材料。现有的工程塑料主要品种有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、ABS、PET、PBT、聚砜、聚苯硫醚、氯化聚醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮、氟塑料、超高分子量聚乙烯、环氧塑料和不饱和聚酯等。

(3) 特种塑料

具有某种特殊功能,适于某种特殊用途的塑料,例如用于导电、压电、热电、导磁、感光、防辐射、光导纤维、液晶、高分子分离膜、专用于摩擦磨损用途等塑料。

特种塑料又称功能塑料。特种塑料的主要成分是树脂,有些是专门合成的特种树脂,但也有一些是采用上述通用塑料或工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能的。

三、塑料名称与代号

塑料的中、英文名称往往都很长,特别是一些共聚型塑料,应用和书写起来颇感不便。若用其化学命名的英文全称编写大写字母表示,就可大大简化,不仅书写与应用方便,又便于国内、国际间技术交流。常用塑料的缩写代号与英文全称对照列入本书附表B中。

练一练

1. 什么是塑料?
2. 常用的助剂有哪些?
3. 什么是相对分子质量的分散性?它对塑料的力学性能有何影响?
4. 按不同标准如何将塑料分类?分别可分为哪些类型?
5. 热塑性塑料和热固性塑料分别具有哪些特性?哪些常用塑料分别属于这两类塑料?

任务二 塑料的性能与常用塑料

内容简介

本任务主要介绍塑料的性能、常用塑料及其性能。

目的与要求

1. 掌握常用塑料的使用性能；
2. 掌握热固性塑料和热塑性塑料的工艺性能。

重点和难点

1. 重点
 - (1) 塑料的特性；
 - (2) 热固性塑料和热塑性塑料的工艺性能。
2. 难点
各种概念的理解、常用塑料的性能识记。

一、塑料的性能

塑料在性能上与传统的金属材料明显不同,这种不同表现在承载能力、耐热性、加工工艺性和其他性能方面,而且不同的塑料材料具有不同的特点。

1. 强度和刚度

与金属相比,塑料的强度和刚度绝对值都比较小。未增强的塑料、通用塑料的拉伸强度一般在 20~50 MPa,工程塑料一般在 50~80 MPa,很少有超过 100 MPa 的品种。经玻璃纤维增强后,许多工程塑料的拉伸强度可以达到或超过 150 MPa,例如增强聚芳砜可达 190 MPa,增强聚醚酮可达 140~160 MPa。若用碳纤维或其他高强纤维增强,强度还会有所提高,但一般仍明显低于金属材料。碳钢的拉伸强度高限可达 1 300 MPa,高强钢可达 1 860~2 000 MPa,铝合金拉伸强度在 165~627 MPa 之间。二者相比,塑料拉伸强度绝对值比金属一般低数倍甚至一个数量级。塑料的弹性模量在 $(0.48\sim14)\times10^3$ MPa 之间,金属弹性模量在 $(0.7\sim2.8)\times10^5$ MPa 之间。

塑料密度通常较小,一般在 $0.9\sim1.5$ g/cm³ 之间,有少数塑料略低或略高于这一范围,而金属的密度除铝是 2.7 g/cm³ 以外,作为结构材料的多种金属品种都在 $7\sim8$ g/cm³ 之间,某些品种还大于这一数值。但塑料的比强度、比刚度(分别是强度、刚度绝对值与密度之比)却不一定低于金属。事实上,作为结构材料使用,比强度、比刚度最高的材料是高性能增强塑料。例如石墨/环氧增强塑料比强度是 92,硼/环氧增强塑料是 72,而高强度钢仅 24.2。一般而言,多数塑料的比强度与金属在同一数量级,比刚度低于金属数倍至一个数量级,但某些结构泡沫塑料,比刚度可与金属媲美。用高模量增强剂增强后,某些塑料的比刚度可以超过金属。

2. 韧性

韧性标志着材料对外加能量吸收能力的大小,韧性良好的材料在承载时,可充分吸收能量产生弹性和塑性变形而不断裂。工程上对材料韧性的衡量尺度是冲击强度和断裂伸长率,冲击强度愈高,断裂伸长率愈大,材料韧性愈好。

不同塑料品种的韧性有很大差别。树脂分子链的柔顺性是决定材料韧性的重要因素,分子链愈柔顺,分子链愈容易解缠结而迅速响应外加载荷,材料就会表现出良好韧性。刚硬的无

柔性分子链,对于迅速施加的载荷,分子链不易解缠,就会产生脆性破坏。加载速率和环境温度对塑料韧性有明显影响,加载速率愈快,材料韧性愈低,在一定范围内提高温度,会改善材料韧性。试样带有缺口,由于缺口处的应力集中,在冲击载荷下缺口处处于三轴拉应力状态,不产生引起塑性变形的剪应力,使材料韧性明显降低。

3. 蠕变和应力松弛

塑料是有机高分子材料,具有粘弹性,长时受载行为与短时受载行为有明显差别,主要表现为蠕变和应力松弛。

蠕变是指当塑料受到一个恒定载荷时,先会产生一个与应力应变曲线相应的应变,随着时间增长,应变会缓慢地持续增大。所有塑料都会不同程度地产生蠕变,分子链刚硬,分子链间作用力大的塑料,特别是分子链间具有交链的塑料,抗蠕变性就好。蠕变与载荷大小及环境温度也有关,增大载荷,提高温度会使蠕变增大。作为承载结构件时,必须考虑蠕变对塑件承载能力和尺寸稳定性的影响。

应力松弛是指在恒定的应变条件下,塑料的应力会随时间而逐渐减小。认识塑料的应力松弛现象具有重要的实际意义。塑件作为螺纹紧固件,往往由于应力松弛使紧固力变小甚至松脱,带螺纹的塑料密封件也会因应力松弛失去密封性。设计人员应针对这些情况,选用应力松弛较小的塑料或采用相应的防范措施。

4. 疲劳性能

塑料受到重复或周期性载荷作用时会产生疲劳破坏,破坏形式是力学性能衰减,引起裂纹,最终会导致结构完全破坏。在某应力水平作用下,塑料的疲劳寿命定义为使试样破坏所需要的应力作用次数。应力水平愈低,疲劳寿命愈长。在很低的应力水平下,材料不会产生疲劳破坏。将材料能够无限次受载(一般规定是 $10^7 \sim 10^8$ 次)而不被破坏的最大应力水平称为材料的疲劳极限。对于大部分塑料,疲劳极限仅是静拉伸强度的 $20\% \sim 35\%$ 。

塑料的疲劳性能在塑料齿轮、活页、连杆、管件、振动机械电的塑料件,以及承受周期性应力的压力容器中都十分重要,应选用耐疲劳性较优的塑料。塑料疲劳的根本原因是由于具有粘弹性,存在着较大的内摩擦作用。在周期性应力作用下,分子链变形总是落后于应力,致使材料内部产生大量摩擦热,材料表面又不足以使热量迅速散失(导热系数小),引起温升。温升常常引起材料内部软化或熔融,或引起结晶型塑料晶相的再结晶,链折叠点的断链等。

5. 塑料可加工性能

(1) 流动性

热塑性塑料的流动性的大小,通常可用熔体流动指数,简称熔融指数(MFI)来表示的。熔融指数是将塑料在规定温度下使之熔融并在规定压力下从一个规定直径和长度的仪器口模中挤出,在10 min内挤出的材料克数。熔融指数数值愈大,材料流动性愈好。所有塑料都是在熔融塑化状态下成型加工的,流动性是塑料材料加工为制品的过程中所应具备的基本特性,它标志着塑料在成型条件下充满模腔的能力。流动性好的塑料容易充满复杂的模腔,获得精确的形状。

塑料的流动性与树脂的相对分子质量及其分布有关,相对分子质量小,分布宽,熔体流动指数高,表明其流动性好;反之流动性差。熔融指数可用于定性地表示相对分子质量的大小,成为热塑性塑料规定品级的重要数据。同一品种的塑料材料,规定出各种不同的熔融指数范围,以满足不同成型工艺的要求。例如注塑级的塑料就比挤塑和中空吹塑用料应具有较大的熔融指数。

热固性塑料的流动性表示方法与热塑性塑料类似,但又不完全相同,最常用的表示方法有两种,一种是拉西格流动性,另一种是螺旋流动长度。拉西格流动性是在规定温度和压力下,将塑料从规定口径和长度的流动仪(称拉西格流动仪)中在规定时间内所挤出的长度(毫米数)表示,这一数值愈大,材料流动性愈好。螺旋流动长度是将塑料装入一个标准的传递模加料室中,标准模的型腔是螺旋状,在规定的温度、压力和时间内,在柱塞的挤压下,塑料通过浇注道被挤入螺旋状型腔的长度就是该塑料的螺旋流动长度,该数值愈大,流动性愈好。

流动性对塑件形状、模具设计和成型工艺都有很大影响。流动性小,将使充填不足,不易成型,且成型压力大;流动性大,易使溢料过多,型腔填充不密实,塑件组织疏松,易粘模,脱模及清理困难,硬化过早。因此,选用塑料流动性必须与塑件要求、成型工艺及成型条件相适应,模具设计时也应根据流动性来考虑浇注系统、分型面及进料方向等。

(2) 收缩性

塑料制品生产过程中要采用各种模具以获得各种形状和尺寸的制品。塑料制品在模具中经冷却定形或固化变硬获得确定形状从模具中脱出后,尺寸缩小的性质称为收缩。收缩性用收缩率表示。收缩率定义为:

$$S = \frac{L_M - L}{L_M} \quad (1.1)$$

式中: S ——收缩率(%);

L_M ——模具成型尺寸(mm);

L ——收缩后塑件的相应尺寸(mm)。

若所测得的 L_M 是模具在工作温度下的成型尺寸,则式(1.1)表示的是实际收缩率,若 L_M 是在室温下测得,则式(1.1)表示的是计算收缩率。多数情况下,人们测量的是模具室温时的成型尺寸,且设计模具时也是根据塑件图纸中的规定尺寸来计算室温下的模具成型尺寸,故只有计算收缩率才具有工程上的实用意义,在模具设计和塑件生产中普遍采用。

成型收缩主要表现在以下几个方面:

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、塑件变形等原因,导致塑件脱模冷却到室温后尺寸缩小。型腔设计时必须考虑予以补偿。

②收缩的方向性。成型中由于分子的取向作用,使塑件呈现各向异性,沿料流方向收缩大、强度高,与料流方向垂直则收缩小、强度低。成型时塑件各部位密度及填料分布不均也使收缩不均。由于收缩的不一致,将导致塑件翘曲变形,产生裂纹,尤其在挤出和注射成型时,方向性表现更为明显。模具设计时也要考虑收缩的方向性,按塑件形状和料流方向选取收缩率。

③后收缩。塑件成型后,由于成型工艺、模具结构、塑料本身材质等因素会导致塑件存在残余应力。脱模后,应力释放而使塑件再次收缩,这种收缩成为后收缩。通常塑件脱模后10 h内变化最大,24 h后基本稳定,但最后稳定还需经过30~60 d。热塑性塑料后收缩比热固性塑料大,挤出成型比压缩成型后收缩大。

④后处理收缩。某些塑件按性能和工艺要求,成型后需要进行热处理,处理后也会导致塑件尺寸变化,这种变化叫做后处理收缩。对于高精度塑件,在模具设计时应考虑后处理收缩引起的尺寸误差。

塑料收缩不同于金属、玻璃、陶瓷等材料,其收缩率绝对数值大、收缩率变化范围宽、有后收缩。塑料收缩率受塑料品种、塑件结构、模具结构、成型工艺的影响。可见影响收缩率大小的因素很多,因此收缩率不是一个固定值,而是在一定范围内变化,且收缩率的波动将引起塑

件尺寸波动。因此模具设计时应根据以上因素综合考虑选择塑料收缩率,对精度高的塑件应选取收缩率波动范围小的塑料,并留有试模后的修正余地。

(3) 结晶性

聚合物的结晶是在成型过程中发生的物理变化,对塑件的性能和质量均有较大影响。作为塑料基本组分的树脂,其中有许多品种都可以结晶。一种树脂是否能够结晶取决于分子链结构的规整性,只有具有充分规整结构的树脂才能形成结晶结构。同时结晶结构也与分子链的柔性有关。具有高度规整结构的线型或带轻微支链结构的热塑性树脂才能够结晶,热固性树脂由于具有三维网状结构根本不可能结晶。热塑性树脂中,分子链上含有侧基但侧基在空间以不规则方式排列,或分子链上含有大量支链,或者分子链是由两种单体共聚生成,而两单体又以随机方式排列,都可大大减小结晶的可能性,或使得材料根本不能结晶。

一种塑料成型为制品时所产生的结晶度和晶粒大小与成型条件,特别是与冷却速率密切相关。因此,制品成型过程中的冷却速率对制品结晶度和晶粒结构有重大影响。冷却速率快(例如当模温较低时),所得到的制品结晶度低、晶粒小,制品硬度低、韧性好,收缩率也较小,冷却速率慢时(当模温较高时)则正好相反。

结晶意味着分子链已经排列成规整而紧密的结构,分子间力强,所以密度将随着结晶度的增大而提高,力学强度也将随着提高。结晶还有助于聚合物软化温度和热变形温度的提高,结晶度高则体积收缩越大,透明度也会减小或丧失。

在常用的塑料中,聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、各种尼龙等都是比较典型的结晶型塑料,可达到较大的结晶度;PBT、PET、氯化聚醚、聚醚醚酮等,是具有一定结晶度的塑料;通用聚苯乙烯、苯乙烯系共聚物、丙烯酸类塑料都是典型的无定形塑料。

(4) 取向性

链状大分子具有很大的长径比,可以达到数百、数千、数万甚至数十万,这样的分子在外力作用下,聚合物的高分子及其链段或结晶聚合物的微晶粒子在应力作用下形成的有序排列叫做取向。

材料在一个方向上受外力作用产生单轴取向,所有取向的分子都沿一个方向排列。若材料受互相垂直的两个方向外力作用,则会产生双轴取向,一部分分子链沿一个方向平行排列,另一部分分子链沿同一平面内的另一方向平行排列,即所有取向的分子链都沿着两个力所组成的平面平行排列,但在平面内各分子链排列可能仍然是无序的。

分子链的取向单元包括链段取向和整链取向两种。链段取向在高弹态下就能发生,链段取向时,链段沿外力场方向平行排列,但整个分子链可能仍是随机排列的。整个分子链的取向只能在粘流状态下进行。无论链段取向或整链取向,都是热力学上的非平衡状态,当外力解除后,都会由于分子的热运动使链段或整链重新处于随机状态,称为解取向。只有当取向后的链段或分子链被迅速冷却到玻璃化温度时,取向才能被保留下来。这种被“冻结”的取向也只有相对的稳定性,也会很缓慢地解取向,随材料温度提高,解取向会迅速进行。

塑料熔融加工过程中,例如注射和挤出中,都会产生分子链的取向。取向对制品带来的影响是产生性能的各向异性,取向方向的强度、模量等明显增大,垂直于取向方向的强度、模量等明显减小,这是因为在取向方向上分子链的各原子是以化学键相结合,而垂直于取向方向上各分子链之间的作用力是范德华力。取向还会造成制品两个方向收缩率、折射率等的不同。在注射制品生产过程中,常常利用取向来改善制品某个方向的力学性能。取向也会对制品带来不利影响,会使制品在工作过程中由于解取向的进行而改变尺寸,产生变形甚至产生裂纹等

(在垂直于取向方向)。针对这种情况,在制品成型后,应预先进行必要的处理(如热处理等),创造出使已取向分子解取向的必要条件,避免“冻结”在制品中的分子链取向在制品工作中所带来的上述弊病。

注射、挤出等成型过程中,材料分子链仅产生单轴取向,单轴取向在塑料单丝、纤维和薄膜生产中得到最充分的应用,用于提高单丝、纤维长度方向的强度和薄膜某方向的强度。双轴取向可以改善薄膜平面内各方向的强度,也可以提高有机玻璃板材的强度。

(5) 吸湿性

吸湿性是指塑料材料从空气中吸收水分的倾向。某些塑料由于树脂分子链含有亲水基团,具有明显的吸湿倾向,例如聚酰胺、酚醛塑料等。凡树脂分子链中含有极性基团的塑料,都会使材料产生吸湿性。塑料中的稳定剂、增塑剂、填料等助剂若含有亲水基团、极性基团等,也会增大材料的吸湿性。

塑料从空气中吸湿的速率还与材料的比表面有关。塑料材料的供料状态大都是颗粒状(热塑性塑料)、细粉状(热固性塑料压塑粉、某些热塑性塑料树脂粉),具有较大比表面,从空气中吸湿速率较快。长期贮存的塑料很容易达到吸湿平衡,含有较多水分,成型前必须进行充分干燥,否则会在制品成型时出现表面银丝、内部气泡等缺陷,对某些塑料还会产生水解降解等,引起力学性能下降。

塑料制品吸湿对制品性能也会带来影响,吸入制品内部的水分往往起增塑剂作用,使材料模量明显减小,力学性能改变,吸湿明显的塑料对塑件尺寸也有影响。吸湿后的制品电性能会明显降低。用于电绝缘和介电方面的塑料制品,应选用吸湿性小的塑料。

6. 塑料的成型工艺

塑料的种类很多,其成型方法也很多。主要的成型方法有注射成型、挤出成型、压缩成型、压注成型、中空吹塑成型等。此外还有热成型、搪塑成型、压延成型、泡沫材料成型、冷压烧结成型等方法。

(1) 注射成型

注射成型又称注塑成型、注射模塑,是热塑性塑料的一种主要成型方法。几乎所用的热塑性塑料都可用此法生产,还有部分热固性塑料也可用注射法加工。

注射成型是将颗粒状或粉末状塑料从注射机料斗送进加热的料筒中,经过加热熔融塑化成为黏流态,在注射机柱塞或螺杆的高压推动下,以很大的流速通过喷嘴注入闭合的模具型腔中,经过一定时间保压冷却定型,获得与模具型腔几乎一致形状的塑件,然后开模取出制件。完成了一个注射工作循环,然后进入下一轮成型。

注射成型可加工各种形状的塑料制品,特点是成型周期短,能一次成型外形复杂、尺寸精密、带有嵌件的塑件,且生产效率高,易于实现自动化生产,应用广泛。但注射成型设备及模具制造费用高,不适合单件及批量较小的塑件生产。

(2) 挤出成型

挤出成型又称挤出模塑,在热塑性塑料加工中用途广泛,所占比例很大。挤出成型主要用于生产连续的型材,如管、棒、板、丝、薄膜、电线电缆等,此外还可用于中空塑件型坯、挤出造粒等方面。

挤出成型是将粒状或粉状的塑料加入到挤出机料筒中,经外部加热器加热和螺杆料筒剪切摩擦生热,使塑料成为熔融的黏流态,并借助螺杆的旋转推动使熔料通过具有一定形状和尺寸的机头口模,成为与口模形状相似的连续体,经冷却凝固得到连续的塑料制品。

(3) 压缩、压注成型

是加工热固性塑料的主要方法,这两种工艺基本相同,所用设备及模具结构也相似。压缩成型是将松散状或压锭的塑料直接加入已加热的模具型腔中,塑料受热软化熔融,并在压力下充满模腔,塑料中的高分子产生交联反应,最终固化定型获得制品。压注成型则是将松散状或压锭的塑料加入压注模具上的加料室内,并使塑料受热熔融成为黏流态,在柱塞压力作用下,经过浇注系统注入闭合的模腔中,在模腔中受热受压进行交联固化,最后定型获得制品。

(4) 中空吹塑成型

塑料中空吹塑成型是一种常见的热塑性塑料制品成型方法。成型时,首先将用挤出或注射成型所得的半熔融态的管坯(型坯)置于一定形状的吹塑模具中,再向管坯中通入压缩空气将其吹胀,经冷却定型后脱模而得到中空塑料制品。

塑料中空吹塑成型制品用途很广,主要用于各种包装。如食品、化工、医药和各种液体的包装。其成型工艺简单、生产效率高、制品质量好。国内外中空吹塑成型方法及其设备发展速度很快,该方法加工的塑料原料占总原料的比例为 20% 左右。

二、常用塑料

1. 聚乙烯(PE)

(1) 基本特性

聚乙烯(PE)结晶度高,外观呈乳白色蜡状固体粉末,密度为 $0.91 \sim 0.96 \text{ g/cm}^3$,是目前产量最大,应用最为广泛的一类热塑性塑料。其化学性能稳定,吸水性小,气体渗透性低,介电性高。无色、无毒、无味、原料易得、价廉,适宜各种成型工艺,且加工容易。广泛应用于食品、工农业、化学、电器电子、医药卫生、家庭日用等生产生活各个领域。常用的聚乙烯有 3 种。

低密度聚乙烯(LDPE),又称高压聚乙烯,其加工容易,性能一般,常用作包装材料,日用、农用塑料制品。

高密度聚乙烯(HDPE),又称低压聚乙烯,其强度和耐热性比前者好,在工农业和日用方面应用广泛。

线性低密度聚乙烯(LLDPE),性能和应用介于上述两者之间,密度较低而性能较好。

(2) 工艺特性

聚乙烯熔体属于非牛顿流体,其剪切速率与剪切应力之间呈非线性关系,且具有假弹性材料的特点,当所施加的应力释放后有一定程度的弹性回复。在注射成型时,注射压力的变化对熔体流动性的影响比料筒温度明显,这在成型中十分重要,但过高的剪切速率易使聚乙烯熔体出现破裂现象。

纯聚乙烯抗热氧化性较差,在不和氧接触情况下分解温度可达 300°C 以上,而一旦接触到氧,超过 50°C 时就有被氧化的倾向。氧化后聚乙烯色泽变黄,物理机械性能下降,电气性能劣化。作为塑料使用的聚乙烯均添加了适量的抗氧化剂。

聚乙烯吸水性较低,可不进行加工前的干燥处理。收缩率大且方向性明显,制品易翘曲变形,需注意模具设计和成型工艺的合理性。

(3) 制品及模具

聚乙烯制品的壁厚与熔体流动性有关,其流动性又随密度不同而变化,在选择制品壁厚时需充分考虑流动比,低密度聚乙烯的最大流动长度与壁厚之比(简称流动比)为 $280:1$,高密度聚乙烯的流动比为 $230:1$ 。聚乙烯收缩率对制品壁厚选取也有一定影响,收缩率大,制品

壁厚也大。从利于熔体流动,减少制品收缩方面考虑,聚乙烯注射制品壁厚应不小于0.8 mm,一般可在1~3.5 mm之间选取。

在注射模具设计时,为防止收缩不均,方向性明显所引起的翘曲、扭曲问题,及对制品性能的影响,应注意浇口位置的选择。聚乙烯质软易脱模,对于侧壁带有浅凹槽的制品,可强制脱模。模芯部分沿脱模方向设置脱模斜度为 $25' \sim 45'$,模腔部分为 $20' \sim 45'$ 。

2. 聚丙烯(PP)

(1) 基本特性

聚丙烯(PP)属结晶性高聚物,常温下为白色蜡状固体,外观类似于高密度聚乙烯,但比高密度聚乙烯轻和透明,无臭、无味、无毒,密度为 $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$ 。具有耐腐蚀、耐高温、机械强度高优点。其缺点主要是耐寒、抗氧化性差些,成型收缩性大,可进行共聚、共混、引入添加剂改性。广泛应用于医药、食品、化工、日用品等领域。

(2) 工艺特性

聚丙烯为结晶性高聚物,结晶度达 $50\% \sim 70\%$,熔点明显,熔点温度为 $164^\circ\text{C} \sim 170^\circ\text{C}$ 。热稳定性好,分解温度可达 300°C 以上,与氧接触在 260°C 左右开始分解。

熔体流动性比聚乙烯好,熔体黏度随着注射温度和压力的上升而下降的程度比高密度聚乙烯明显,其中压力对熔体黏度的影响比温度要显著。熔体弹性较大且冷却凝固速度快,易产生内应力,同时成型收缩率较大($1\% \sim 2.5\%$)并具有各向异性,在制品和模具设计时须加以注意。

聚丙烯的折叠性能格外突出,可经受上百万次的弯折而不破坏。利用这一特性制作的塑料铰链,可简化制品结构。其折叠性能在很大程度上取决于模具结构的合理性,在模具设计时应注意。

(3) 制品及模具

制品壁厚选择应充分考虑熔体充模的特性。聚丙烯熔体流动比为 $250:1$,流动性较好,且成型收缩也会对制品壁厚选取产生影响。通常壁厚在 $0.9 \sim 4.0 \text{ mm}$ 范围选择。制品壁厚尽可能均匀,转角处避免尖角,应圆弧过渡。对于薄而平直制品,为避免收缩各向异性导致翘曲变形,可开设加强筋或沿口卷边等办法。

在注射模具设计时,考虑聚丙烯的收缩,制品脱模斜度在 $30' \sim 1^\circ$ 之间,而复杂形状或带有孔、字母及花纹的制品可取 $1.5^\circ \sim 2^\circ$ 的斜度。对于塑料铰链制品模具,浇口选择时应保证熔体流动方向垂直于铰链的轴线。对于多模腔模具,浇口位置应开设在靠近铰链一侧,避免在铰链区域出现熔接痕。因聚丙烯流动性好,熔体充模时易出现排气不良现象,故应适当设置排气槽。

3. 聚氯乙烯(PVC)

(1) 基本特性

聚氯乙烯(PVC)塑料是白色或淡黄色坚硬粉末,密度约 1.40 g/cm^3 ,纯聚合物吸湿性不大于 0.05% ,增塑后吸湿性增大,可达 0.5% ,纯聚合物的透气性和透湿率都较低。聚氯乙烯是目前世界上产量最大的热塑性塑料之一。聚氯乙烯具有热稳定性好、介电性高、耐油、不易燃烧、一定的机械强度和价廉等优点,其广泛应用在化工、农业、电气、建筑及日常用品等领域。

聚氯乙烯塑料通常加入了多种助剂。不含增塑剂或含增塑剂不超过 5% 的聚氯乙烯称为硬聚氯乙烯。增塑剂加入量较大则材料变软,称为软聚氯乙烯。