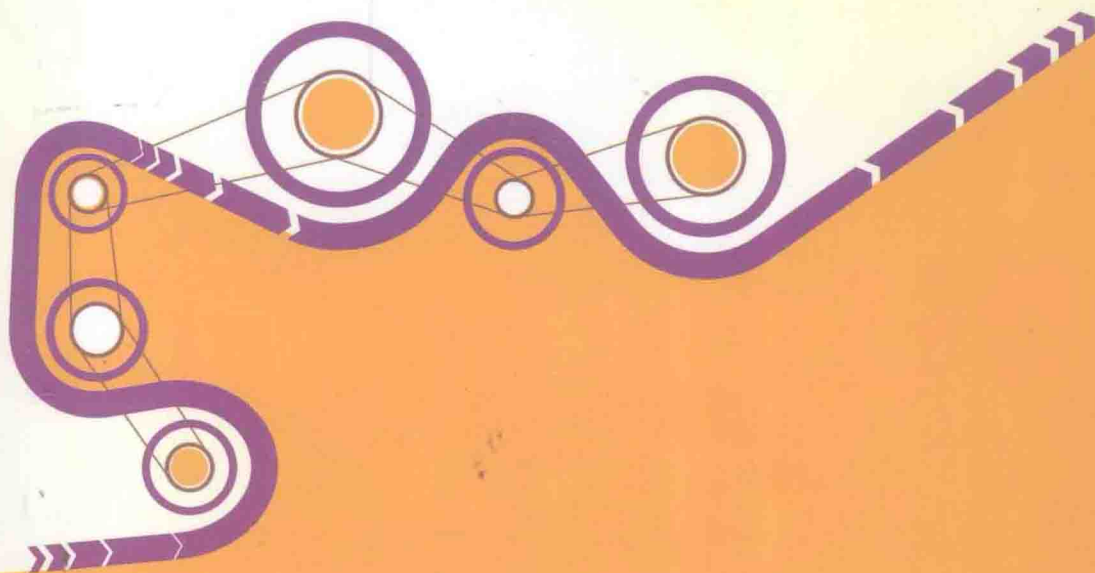


高职高专机电类工学结合模式教材

塑料成型工艺 与模具设计

芦亚萍 主编

康剑莉 董建坤 郑子军 副主编



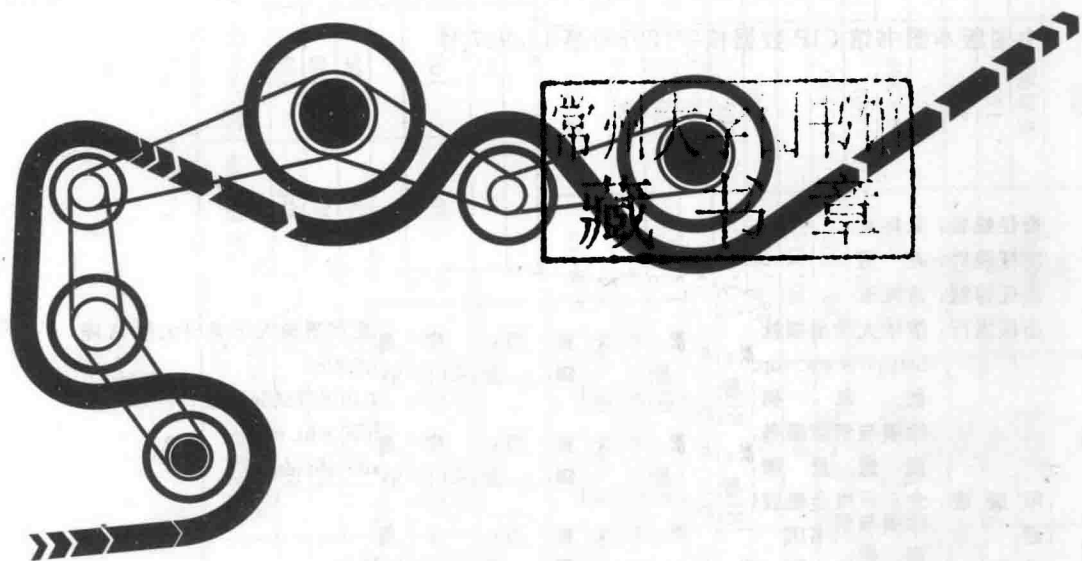
清华大学出版社

高职高专机电类工学结合模式教材

塑料成型工艺 与模具设计

芦亚萍 主编

康剑莉 董建坤 郑子军 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以培养读者塑料成型工艺确定和模具结构设计能力为目标,采用大量三维图例表达模具结构,形象具体、简明易懂。主要内容包括塑料设计工艺、注塑成型机与模具、注射模具结构及其设计方法、注射模具的标准化、压缩模及其他模设计、塑料模具用钢,为增强实用性,通过典型实例综合介绍了基于模架及现代大型软件的注射模具设计方法、热流道浇注系统设计、模架结构及其选用方法,以及现代化的模具设计程序。

本书充分体现现代模具的设计理念,理论与实际相结合,许多实例选自模具企业生产实际,因此可作为应用型本科和高职高专院校的模具设计与制造等相关专业教学用书,也可供从事塑料模具设计和制造技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/芦亚萍主编. —北京:清华大学出版社,2010.12

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-23096-0

I. ①塑… II. ①芦… 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. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 113967 号

责任编辑:朱怀永

责任校对:袁 芳

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.5 插 页:1 字 数:520 千字

版 次:2010 年 12 月第 1 版 印 次:2010 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:34.00 元



本书为浙江省“十一五”重点建设教材和宁波市机电模具人才基地重点建设教材,以培养高素质应用型人才为目的,力求体现理论联系实际,反映国内外塑料注射模具的先进水平,加强职业的针对性和技术的实用性。

本书的编写有如下特点:

1. 编写人员具有丰富模具专业教学或企业从事模具设计制造经验,编写过程中走访了大量企业进行调研。因此在多年应用型人才培养教改成果的基础上,结合了现代企业技术培训的成功做法,书中既选取了成熟的传统模具的经典结构,又增加了许多先进模具的最新内容。

2. 全书系统性、应用性强,把注射模具的七大组成部分单独成章,既重点突出,前后各章节又联系紧密;书中精选典型实例,且均经过实践检验,具有很强的实用价值。同时,书中实例大量采用三维图例,使结构要点清晰易懂。

3. 本书紧扣塑料注射模具高效化、标准化的发展趋势,介绍了热流道浇注系统结构及其设计方法、模架结构及其选用原则,并用实际案例系统地介绍了应用大型工程软件、采用模架知识完成模具设计的方法。

4. 为了便于自学,部分章节后附有思考与练习题,以帮助读者掌握重点,提高自学能力。

本书由宁波工程学院芦亚萍教授任主编,温州职业技术学院康剑莉副教授任副主编。参加编写的有芦亚萍(第1、4章),康剑莉(第9、10、13、14、15章),董建坤(宁波拓泰工业有限公司)(第6、7、11、12章),浙江工商职业技术学院郑子军(第5、8章),宁波大红鹰职业技术学院陈详(第2、3章)。全书由芦亚萍统稿。

由于编者水平有限,且技术发展迅速,本书难免有不足之处,望读者和诸位同仁提出宝贵意见。

编 者

2010年5月



第1章 塑料概论	1
1.1 聚合物及其热力学性能	1
1.1.1 聚合物的分子结构	1
1.1.2 聚合物的热力学性能与加工工艺性	3
1.2 塑料的组成和使用特性	5
1.2.1 塑料的组成	5
1.2.2 使用特性和用途	7
1.3 塑料的分类和工艺性能	9
1.3.1 塑料的分类	9
1.3.2 塑料成型工艺性能	10
1.4 常用塑料及其工艺特性和用途	17
思考与练习题1	22
第2章 塑件设计工艺	23
2.1 塑件的结构设计	23
2.2 塑件的尺寸与精度	40
思考与练习题2	42
第3章 注塑成型机与模具	43
3.1 注塑成型机工作原理和注塑工艺	43
3.1.1 常用注塑机种类及工作原理	43
3.1.2 注塑成型工艺	47
3.2 注射模具结构组成及种类	52
3.2.1 注射模具结构组成	52
3.2.2 注射模具分类	55
3.2.3 典型注射模具简介	56
3.3 注射模与注射机的关系	58
思考与练习题3	66
第4章 分型面及型腔数的确定	67
4.1 分型面的确定	67

4.2 型腔数的确定	74
思考与练习题 4	76
第 5 章 浇注系统设计	77
5.1 浇注系统组成及作用	77
5.2 浇注系统设计原则	78
5.3 普通浇注系统设计	79
5.4 冷料井的设计	101
5.5 排气系统	102
5.6 引气系统	103
5.7 热流道浇注系统设计	104
思考与练习题 5	120
第 6 章 成型零部件设计	121
思考与练习题 6	136
第 7 章 导向定位系统设计	137
7.1 导向定位系统的定义及作用	137
7.2 导向系统的设计	138
7.3 定位系统的设计	144
思考与练习题 7	148
第 8 章 脱模系统设计	149
8.1 推出机构的结构组成	149
8.2 一次推出机构	150
8.3 二次推出机构	162
8.4 点浇口凝料脱出和自动坠落	166
8.5 定模推出机构	170
8.6 螺纹塑料件的脱模方式	172
8.7 复位机构	175
思考与练习题 8	177
第 9 章 侧向分型与抽芯机构设计	178
9.1 侧向分型与抽芯机构的分类	178
9.2 抽芯机构抽拔力、抽芯距的计算	179
9.3 斜导柱侧向分型与抽芯机构	180
9.4 弯销侧抽芯机构	202
9.5 斜顶侧抽芯机构	205

9.6 斜滑块侧向分型与抽芯机构	209
9.7 液压抽芯或气压抽芯机构	213
9.8 T型块侧抽芯机构	218
9.9 齿轮齿条抽芯机构	220
思考与练习题 9	221
第 10 章 温度调节系统设计	222
10.1 冷却与加热的确定原则	222
10.2 冷却系统设计	223
10.3 模具加热系统设计	235
思考与练习题 10	237
第 11 章 注塑模的标准化	238
11.1 塑料模具标准化介绍	238
11.2 常用中小型模架介绍	239
11.3 常用中小型注射模模架尺寸组合系列	244
11.4 常用中小型注射模模架选择方法	246
11.5 模架的装配要求	249
思考与练习题 11	250
第 12 章 注射模设计实例	251
第 13 章 压缩模设计	269
13.1 压缩成型工艺	269
13.1.1 压缩成型工艺过程	270
13.1.2 压缩成型的工艺参数	272
13.2 压缩模结构及分类	274
13.2.1 压缩模的结构	274
13.2.2 压缩模的分类	275
13.3 压缩模与压机的关系	277
13.3.1 压机的技术规范	277
13.3.2 压机有关工艺参数的校核	281
13.4 压缩模的设计	284
13.4.1 凹、凸模的总体结构设计	285
13.4.2 成型零件设计	292
13.4.3 加料腔的设计	295
13.4.4 脱模机构设计	298
13.4.5 压缩模的侧向分型抽芯机构	302

13.5 典型的压缩模结构	303
13.6 压缩模设计实例	305
思考与练习题 13	311
第 14 章 其他模具	312
14.1 压注成型工艺与压注模	312
14.2 挤出工艺及挤出模	317
14.2.1 挤出成型工艺及其工艺特点	317
14.2.2 挤出模结构组成	320
14.2.3 典型挤出成型模具	321
14.3 中空吹塑成型模具	325
14.4 发泡塑料成型模具	330
14.5 真空吸塑成型模	332
第 15 章 塑料模具用钢	335
15.1 塑料模工作条件、失效形式及性能要求	335
15.1.1 塑料模的工作条件	335
15.1.2 塑料模常见的失效形式	336
15.1.3 对塑料模具材料的性能要求	337
15.2 塑料模具用钢性能特点	338
15.3 注塑模具常用材料	342
15.4 模具制造和热处理工艺	344
附录 A 塑料名称与缩写代号对照	347
附录 B 部分国产 SZ 系列塑料注射机主要技术参数	349
参考文献	352



塑料概论

1.1 聚合物及其热力学性能

塑料的主要成分是树脂,树脂是一种高分子聚合物,塑料的许多优异性能都与聚合物的分子结构密切相关。

1.1.1 聚合物的分子结构

1. 树脂的由来

最早,树脂是指从树木中分泌出的脂物,如松香就是从松树分泌出的乳液状松脂中分离出来的。后来发现,从热带昆虫的分泌物中也可以提取树脂,如虫胶。有的树脂还可以从石油中得到,如沥青。这些都属于天然树脂,其特点是无明显的熔点,受热后逐渐软化,可溶解于有机溶剂,而不溶解于水等。

随着生产的发展,天然树脂在数量上和质量上都远远不能满足需要,于是人们根据天然树脂的分子结构和特性,应用人工方法制造出了合成树脂。例如,酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯等都属于合成树脂。目前,我们所使用的塑料一般是用合成树脂制造的,很少采用天然树脂。因为合成树脂具有优良的成型工艺性,有些合成树脂也可以直接做塑料用(如聚乙烯、聚苯乙烯、尼龙等),但有些合成树脂必须要在其中加入一些添加剂,才能作为塑料使用(如酚醛树脂、氨基树脂、聚氯乙烯等)。

2. 高分子和低分子

众所周知,一切物质都是由分子组成的,而分子又是由原子构成的。无论是有机物还是无机物,它们的分子中所含的原子数一般不多。例如,水分子 H_2O 由 3 个原子构成,石灰石分子 CaCO_3 由 5 个原子构成,酒精分子 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 由 9 个原子构成,蔗糖分子 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 中也只含有 45 个原子,有一种比较复杂的有机物称为三硬脂酸甘油酯,其分子 $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$ 中

也不过只有 173 个原子,再复杂一点的化合物,其分子中所含的原子数最多也不过是几百个。但是,聚合物则不同,一个聚合物分子中含有成千上万甚至几十万个原子。例如,尼龙分子中大约有 4000 个原子,天然橡胶分子中大约含有 5 万~6 万个原子,纤维素(木材中含有此成分)分子中大约含有 10 万~20 万个原子。从相对分子质量来看,水的分子质量为 18,石灰石为 100,酒精为 46,蔗糖为 324,三硬树脂甘油酯也只有 890,这些统称为低分子化合物,其相对分子质量只有几十或几百;而高分子化合物(简称高分子)的相对分子质量比低分子化合物的高得多,一般从几万到上千万。如,尼龙分子的相对分子质量为 2.3 万左右,天然橡胶为 40 万左右。再从分子长度来看,低分子乙烯的长度约为 $0.0005\mu\text{m}$,而高分子聚乙烯的长度为 $6.8\mu\text{m}$,后者是前者的 13600 倍。

由此可见,高分子是含有原子数多、相对分子质量高、分子长度长的巨型分子。正是由于高分子与低分子存在着如此悬殊的差异,才使聚合物具有许多与低分子化合物不相同的特性。

3. 高分子聚合物的分子结构

单就分子中所含的原子个数、相对分子质量的大小和分子的长短还不足以表达高分子的结构特性。每个高分子里含有一种或数种原子或原子团,这些原子或原子团按照一定的方式排列,首先是排列成许多重复结构的小单元,称为结构单元,再通过化学链连成一个高分子。例如,聚乙烯分子里的小单元为 C_2H_4 ,图 1-1 为其单元体示意图,每个聚乙烯分子里含有 n 个相互连接的小单元: $-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_4-$,其连接示意图如图 1-2 所示。这些小单元称为“链节”,就像链条里的每个链节; n 称为“链节数”(聚合度),表示多少链节聚合在一起。由许多链节构成一个很长的聚合物分子,称为“分子链”。例如,聚乙烯的相对分子质量若是 56000,那么一个聚乙烯分子里就含有两千多个乙烯单体分子(单体分子是指用以合成聚合物的小分子)。

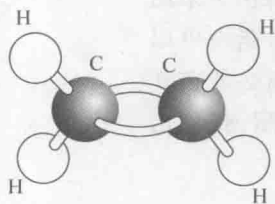


图 1-1 一个乙烯单体示意图

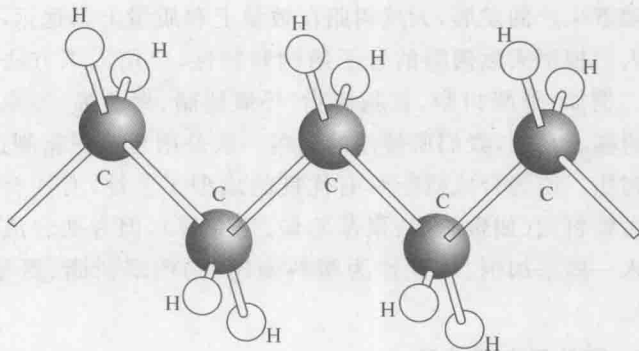


图 1-2 聚乙烯分子链示意图

如果聚合物的分子链成不规则的线状(或者团状),聚合物是由一根根分子链组成的,则称为线性聚合物,如图 1-3(a)所示。如果在大分子链之间还有一些短链把它们相互交联起来,成为立体结构,则称为体型聚合物,如图 1-3(c)所示。此外,还有一些聚合物的大分子主链上带有一些或长或短的小支链,整个分子链呈枝状,如图 1-3(b)所示,称为带有支链的线型聚合物。



图 1-3 聚合物分子链结构示意图

聚合物的分子结构不同,其性质也不同。线型聚合物的物理特性是具有弹性和塑性,在适当的溶剂中可溶胀或溶解,升高温度时则软化至熔化状态而流动,且这种特性在聚合物成型前后都存在,因而可以反复成型,习惯上称这种材料具有热塑性。体型聚合物的物理特性是脆性大、弹性较高、塑性较低,成型前是可溶与可熔的,一经成型硬化后,就成为既不溶解也不熔融的固体,所以不能再次成型。因此,又称这种材料具有热固性。

1.1.2 聚合物的热力学性能与加工工艺性

1. 聚合物的热力学性能

聚合物的物理、化学性能与温度密切相关,温度变化时,聚合物的受力行为发生变化,呈现出不同的力学状态,表现出分阶段的力学性能特点。图 1-4 中,曲线 1 为线性无定形聚合物受恒应力作用时变形程度与温度的关系曲线,也叫热力学曲线。此曲线明显分为三个阶段,即线型无定形聚合物常存在的三种物理状态——玻璃态、高弹态和黏流态。

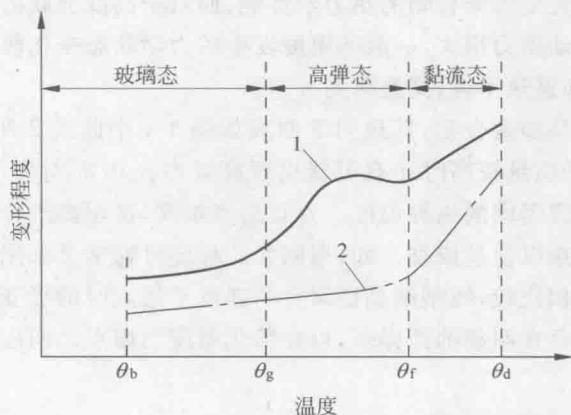


图 1-4 聚合物的热力学曲线

在温度较低时(低于 θ_g 温度),曲线基本是水平的,变形程度小,而且是可逆的;但弹性模量较高,聚合物处于刚性状态,表现为玻璃态。此时,物体受力的变形符合胡克定律,

应变与应力成正比,并在瞬时达到平衡;当温度上升时(在 $\theta_g \sim \theta_f$ 间),曲线开始急剧变化,但很快稳定趋于水平。聚合物的体积膨胀,表现为柔软而富有弹性的高弹态。此时,变形量很大,而弹性模量显著降低,外力去除变形量可以回复,弹性是可逆的。如果温度继续上升(高于 θ_f 温度),变形迅速发展,弹性模量再次很快下降,聚合物即产生黏性流动,成为黏流态。此时变形是不可逆的,物质成为液态。这里, θ_g 称为玻璃化温度,是聚合物从玻璃态转变为高弹态的临界温度; θ_f 称为黏流温度,是聚合物从高弹态转变为黏流态的临界温度。常温下,玻璃态的典型材料是有机玻璃,高弹态的典型材料是橡胶,黏流态的典型物质是熔融树脂(如胶黏剂)。

聚合物处于玻璃态时硬而不脆,可作构件使用。但,使用温度不能太低,当温度低于 θ_g 时,物理性能将发生变化,在很小的外力作用下就会发生断裂,塑料失去使用价值。通常,称 θ_g 为脆化温度,它是塑料的下限温度。当温度高于 θ_g 时,塑料不能保持其尺寸的稳定性和使用性能,因此, θ_g 是塑料使用的上限温度。显然,从使用的角度看, θ_g 和 θ_f 间的范围越宽越好。当聚合物的温度升高到图1-4中的 θ_d 温度时,便开始分解,所以称 θ_d 为热分解温度。聚合物在 $\theta_f \sim \theta_d$ 温度范围内是黏流态,塑料的成型加工就是在这个范围内进行的。这个范围越宽,塑料成型加工就越容易进行。

据上所述,聚合物的成型加工是在黏流状态中实现的。欲使聚合物达到黏流态,加热只是方法之一,加入溶剂使聚合物达到黏流态是另外一种方法,通过加入增塑剂可以降低聚合物的黏流温度。黏流温度 θ_f 是塑料成型加工的最低温度,黏流温度不仅与聚合物的化学结构有关,而且与其相对分子质量的大小有关。黏流温度随相对分子质量的增高而升高。在塑料的成型加工过程中,首先要测定聚合物的黏度与熔融指数(熔融指数是指聚合物在挤压力作用下获得变形和流动的能力),然后确定成型加工的温度。黏度值小、熔融指数大的树脂(即相对分子质量低的树脂)成型加工温度可选择低一些,但相对分子质量低的树脂制成的塑件强度较差。

以上所述是线型无定形聚合物的热力学性能,而对于高度交联的体型聚合物(热固性树脂),由于其分子运动阻力很大,一般随温度发生的力学状态变化较小,所以通常不存在黏流态甚至高弹态,即遇热不熔,高温时则分解。

对于完全线型结晶型聚合物,其热力学曲线如图1-4中曲线2所示。通常不存在高弹态,只有在相对分子质量较高时才有可能出现高弹态。和 θ_f 对应的温度叫做 θ_m ,是线型结晶型聚合物熔融或凝固的临界温度。并且熔点很高,甚至高于分解温度。所以,采用一般的成型加工方法难以使其成型。如,聚四氟乙烯塑件通常是采用高温烧结法制成的。与线型无定形聚合物相比较,线型结晶型聚合物在低于熔点时的形变量很小,因此其耐热性较好。而且由于不存在明显的高弹态,可在脆化温度至熔点之间应用,其使用温度范围较宽。

2. 聚合物在不同状态下的加工工艺性

聚合物在温度高于 θ_f 的黏流态呈液态状态,称为熔体。从 θ_f 开始分子热运动大大激化,材料的弹性模量降低到最低值,这时聚合物熔体形变的特点是在不大的外力作用下就能引起宏观流动,此时形变主要是不可逆的黏性变形,冷却聚合物就能将变形永久保持下

来。因此,这一温度范围常用来进行熔融纺丝、注射、挤出、吹塑和贴合等加工。过高的温度将使聚合物的黏度大大降低,不适当地增大流动性,容易引起诸如注射成型中的溢料、挤出塑件的形状扭曲、收缩和纺丝过程中纤维的毛细断裂等现象。温度高到分解温度 θ_d 附近还会引起聚合物分解,以致降低产品物理力学性能或引起外观不良等。因此, θ_f 与 θ_g 一样都是聚合物材料进行成型加工的重要参考温度。不同状态下塑料的物理性能与加工工艺性见表 1-1。

表 1-1 不同状态下塑料的物理性能与加工工艺性

状态	玻璃态	高弹态	黏流态
温度	θ_g 以下	$\theta_g \sim \theta_f$	$\theta_f \sim \theta_d$
分子状态	分子纠缠为无规则线团或卷曲状	分子链展开,链段运动	高分子链运动,彼此滑移
工艺状态	坚硬的固态	高弹性固态,橡胶态	塑性状态或高黏滞状态
加工可能性	可作为结构材料进行锉、锯、车、铣等机械加工	弯曲、吹塑、引伸、真空成型、冲压等,成型后会产生较大的内应力	可注射、挤出、压延、模压等,成型后应力小

1.2 塑料的组成和使用特性

1.2.1 塑料的组成

塑料是以树脂为主要成分,再根据不同需要加入各种添加剂所组成的混合物,各组分含义及作用如下。

1. 树脂

树脂是塑料的主要成分,它联系或胶黏着塑料的其他一切组成部分,它决定着塑料的类型和性能。塑料之所以具有可塑性或流动性,就是树脂赋予的。

塑料中树脂的含量约为 40%~100%。

2. 添加剂

添加剂也称助剂。塑料中加入添加剂的目的是改变塑料使用性能、成型加工性和降低生产成本。添加剂主要有如下几种。

(1) 填充剂

填充剂又称填料,它是塑料中一种重要但非必要的成分。塑料中加入填充剂可以降低成本,同时还能使塑料的性能得到显著改善。例如,酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本。聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填充剂能提高刚性和耐热性,而且价格大大降低。聚酰胺、聚甲醛等树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后,它们的耐磨性、耐热性、抗水性、硬度及力学强度都有所改进。另外,纤维状填充剂能提高塑料的强度;石棉粉能提高塑料的耐热性;有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂按其化学性能可分为无机填充剂和有机填充剂;按其形状分为粉状、纤维状

和层状(片状)。粉状填充剂有木粉、纸浆、硅藻土、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、高岭土、石墨、金属粉等;纤维状填充剂有棉花、亚麻、石棉纤维、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维等;层状填充剂有纸张、棉布、石棉布、木片等。

填充剂在塑料中的用量约为10%~50%。

(2) 增塑剂

有些树脂(如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等)可塑性很低,柔软性很差,为了降低树脂熔体黏度和熔融温度,改善其成型加工性能和塑料的柔软性,通常在树脂中加入增塑剂。

树脂中加入增塑剂后,增塑剂分子插入树脂的高分子链中间,增大了其分子间的距离,因此削弱了高分子间的作用力,使树脂分子容易相对滑移,从而使塑料在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性。例如,聚氯乙烯分子中加入邻苯二甲酸二丁酯,可变为像橡胶一样的软塑料。塑料中由于增塑剂的加入固然可以使成型工艺性能和使用性能得到改善,但也降低了塑料的稳定性、介电性能和力学强度,塑料的老化现象就是由于增塑剂中某些挥发物逐渐从塑件中逸出而产生的,因此添加增塑剂要适量。大多数塑料一般不添加增塑剂,只有软聚氯乙烯含有大量增塑剂,配比可达1:1。

增塑剂应该与树脂有良好的相溶性;挥发性小,不易从塑料中析出;无毒、无臭、无色、无味;对光和热比较稳定;不吸湿。通常用的是对热和化学药品都很稳定的高沸点液体或低熔点固体的酯类化合物,如邻苯二甲酸二丁酯、石油酯、环氧大豆油等。

(3) 稳定剂

塑料在成型、储存和使用过程中,因受热、光、氧气和射线等外界因素的作用而性能发生变化,通常称为“老化”。为阻缓、抑制这种情况发生,须在树脂中添加一些能稳定其化学性能的物质,这种物质称为稳定剂。

对稳定剂的要求是除对树脂的稳定效果好之外,还应能耐水、耐油、耐化学药品腐蚀,并与树脂有很好的相溶性,在成型过程中不分解、挥发少、无色。

稳定剂根据作用不同分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧剂、紫外线吸收剂等。又因各种树脂的内部结构不同,“老化”机理不一样,所用的稳定剂也就不同。常用的稳定剂有硬脂酸盐类、铅的化合物、环氧化合物等。稳定剂的用量根据作用不同而异,少的为千分之几,多的可高达5%。

(4) 润滑剂

添加润滑剂的目的是改善塑料熔体的流动性;减少或避免塑料熔体对成型设备或模具的摩擦和黏附;还可以提高塑件表面光亮度。一般,聚苯乙烯、聚酰胺、ABS、聚氯乙烯、醋酸纤维等在成型过程中都需要加润滑剂,其中尤以聚氯乙烯最为需要。

常用的润滑剂有烃类、酯类、金属皂类、脂肪酸类及脂肪酸酰胺类等,一般用量小于1%。润滑剂用量过多,会在塑件表面析出,即出现“起霜”现象,影响塑件的外观。但,用量太小又不起润滑作用,故用量要适当。

(5) 着色剂

合成树脂本色都是白色半透明或无色透明的。为了使塑件具有所需颜色,在塑件中加入各种着色剂。对着色剂一般要求着色力强、性能稳定,不与塑料中其他组分起化学反

应,成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,且在塑件长期使用过程中保持稳定。着色剂很多,大体可分为有机颜料、无机颜料和染料等几种类型。加入量一般为 0.01%~0.02%。

有些着色剂还兼有其他作用,如本色聚甲醛塑料用炭黑着色后能在一定程度上有助于防止光老化。聚氯乙烯塑料用二盐基性亚磷酸铅等颜料着色后能避免紫外线射入,对树脂有屏蔽作用,因此它们还可以提高塑料的稳定性。

(6) 固化剂

固化剂又称硬化剂、交联剂,用于热固性塑料中。热固性塑料成型时,树脂的线性分子结构需交联转变成体型网状结构(称为交联反应或硬化、固化),添加固化剂的目的是促进交联反应。例如,在酚醛树脂中加入六亚甲基四胺,在环氧树脂中加入乙二胺、顺丁烯二酸酐等。

(7) 发泡剂

制作泡沫塑料制件时,需要预先将发泡剂加入塑料中,以便在成型时放出气体,形成有孔洞的塑件。常用的发泡剂有氯二乙丁腈、石油醚、碳酸铵等。

塑料的添加剂除上述几类外,还有阻燃剂、防静电剂、防霉剂、导电剂和导磁剂等。应该注意的是,并非每一种塑料都要加入全部添加剂,通常根据塑料品种和使用要求加入所需的某些添加剂。

另外,塑料可制成“合金”,即把不同品种、不同性能的塑料用机械方法均匀掺合在一起(共混改性)或者将不同单体的塑料经过化学处理得到新性能的塑料(聚合改性)。例如,ABS 塑料就是由苯乙烯、丁二烯、丙烯腈三种成分经共聚和混合而制成的三元“合金”或复合物;苯乙烯-氯化聚乙烯-丙烯腈(ACS),丁腈-酚醛和聚苯撑氧-苯乙烯等三元或二元复合物都属于这类塑料。

1.2.2 使用特性和用途

塑料特性包括使用性能、加工性能和技术性能。其中,技术性能是物理性能、化学性能、力学性能等的统称。塑料品种繁多,性能用途也各不相同,但总体上来说塑料的主要特性如下。

1. 质量轻

塑料是一种轻质材料。普通塑料的密度约为 $0.83 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$,大约是铝的 $1/2$,钢材的 $1/5$ 。如用发泡法得到的泡沫塑料,其密度可以小到 $0.01 \sim 0.05 \text{ g/cm}^3$ 。利用这一特点,以塑代钢应用于汽车工业,已经取得巨大的经济效益。美国近 40 年汽车发展史的经验表明,每减少 10% 质量,可以节约燃料 10%~20%。塑料质量轻这一特点,对于需要全面减轻自重的飞机、船舶、建筑、宇航工业等也具有特别重要的意义。由于质量轻,塑料还特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

2. 电气绝缘性能好

塑料具有优良的电气绝缘性能,其相对介电常数低至 2.0(比空气高一倍),而高值可达十几甚至更高;发泡塑料的相对介电常数为 1.2~1.3,接近空气。常用塑料的电阻通

常在 $10^{14} \sim 10^{16} \Omega$ 范围内。大多数塑料都有较高的介电强度,无论是在高频还是在低频、在高压还是在低压环境中,绝缘性能都十分优良。且耐电弧性能好,介电损耗极小,所以被广泛应用于电机、电器、电子工业中。

目前,采用先进的工艺技术,可将塑料制造成半导体、导电和导磁的材料,它们对电子工业的发展具有特殊的意义。

3. 比强度和比刚度高

塑料的力学性能相对金属要差。塑件的刚度与木材相近,抗拉强度一般为 $10 \sim 500 \text{MPa}$ 。但由于塑料的密度小,所以按单位质量计算相对的强度和刚度,即比强度和比刚度(强度与相对密度之比称为比强度,弹性模量和密度之比称为比刚度)比较高。一些特殊塑料,如纤维增强塑料拉伸比强度可高达 $170 \sim 400 \text{MPa}$,比一般钢材(约为 160MPa)要高得多。通常,塑料的比强度接近或超过普通的金属材料,因此可用于制造受力不大的一般构件。一些玻璃纤维、碳纤维增强塑料的比强度和比刚度相当高,甚至超过钢、钛等金属,已在汽车、造船、航天和国防工业中应用。

4. 化学稳定性好

一般塑料均具有一定的抗酸、碱、盐等化学腐蚀的能力。有些塑料除此之外还能抗潮湿空气、蒸气的腐蚀作用,这方面性能大大超过了金属。其中,最突出的代表是聚四氟乙烯,它对强酸、强碱及各种氧化剂等腐蚀性很强的介质都完全稳定,甚至在沸腾的“王水”中也“无动于衷”,核工业中用的强腐蚀剂五氟化铀对它也不起作用。另外,聚氟乙烯可以耐 90% 浓度的硫酸、各种浓度的盐酸和碱液等,因而常用作耐腐蚀材料。

由于塑料具有优越的化学稳定性,故在化工设备制造中有极其广泛的用途,比如做各种管道、密封件、换热器和在腐蚀介质中有相对运动的零部件等。

5. 减摩、耐磨性能优良,减震、消声性好

塑料的摩擦系数小,具有良好的减摩、耐磨性能。有些塑料的摩擦副、传动副,可以在水、油和带有腐蚀性的溶液中工作;又由于具有良好的自润滑性能,还可以在半干摩擦、全干摩擦条件下工作,这一性能是一般金属零件所没有的。

同时,一般塑料的柔韧性比金属要大得多,当其受到频繁机械力冲击与振动时,因阻尼较大而具有良好的吸振与消声性能,这对高速运转的摩擦部件以及受冲击载荷作用的零件具有重要意义。如,一些高速运动的仪表齿轮、滚动轴承的保持架、机构的导轨等可采用塑料制造。

6. 热导率低,一些塑料具有良好的光学性能

塑料的热导率比金属低得多,一般为 $0.17 \sim 0.35 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;而钢的热导率为 $46 \sim 70 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,它们之间相差数百倍。利用热导率低的特点,塑料可以用来制造需要保温和绝热的器皿或零件。

有些塑料具有良好的透明性,透光率高达 90% 以上,如有机玻璃、聚碳酸酯、聚苯乙烯等材料,它们可用于制造光学透镜、航空玻璃、透明灯罩以及光导纤维材料等。

此外,塑料还具有良好的成型加工性、焊接性、可电镀性和着色能力。

但与其他材料相比,塑料也有一定的缺陷:如塑料成型时收缩率较高,有的高达 3%

以上,并且影响塑料成型收缩率的因素很多,这使得塑料制件要获得高的精度难度很大,故塑件精度普遍不如金属材料高;如热塑性塑料制件在高温下易变软产生热变形;塑料制件在光和热的作用下容易老化,使性能变差;塑料制件若长期受载荷作用即使温度不高,其形变也会产生“蠕变”,且这种变形是不可逆的,这会导致塑料制件尺寸精度的丧失。这些缺陷使塑料的应用受到了一定限制。

1.3 塑料的分类和工艺性能

1.3.1 塑料的分类

目前,塑料的品种很多,常用以下两种方法予以分类。

1. 按照合成树脂的分子结构及其特性分类

按合成树脂的分子结构及其热性能,塑料可以分成热塑性塑料和热固性塑料两大类。

(1) 热塑性塑料

热塑性塑料的合成树脂都是线型或带有支链型结构的聚合物,因而受热变软成为可流动的稳定黏稠液体。热塑性塑料在此状态具有可塑性,可塑制成一定形状的塑件,冷却后保持既得的形状;如再加热,又可变软塑制成另一形态,如此可以反复进行多次。由于成型过程中一般只有物理变化,因而其变化过程是可逆的。

简而言之,热塑性塑料是由可以多次反复加热而仍具有可塑性的合成树脂制得的塑料。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚砒等塑料均属于此类。

(2) 热固性塑料

热固性塑料的合成树脂是带有体型网状结构的聚合物,在加热之初,因分子呈线性结构,具有可溶性和可塑性,可塑制成一定形状的塑件;继续加热,当温度达到一定程度后,分子呈现网状结构,树脂变成不溶或不熔的体型结构,使形状固定下来不再变化;如再加热,也不再软化,不再具有可塑性。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。

简而言之,热固性塑料是由加热硬化的合成树脂制得的塑料。酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、有机硅塑料、不饱和聚酯塑料等均属于此类。

2. 按塑料的应用范围分类

按塑料的应用范围,塑料可以分成通用塑料、工程塑料和特殊塑料三大类。

(1) 通用塑料

通用塑料主要是指产量大、用途广、价格低的一类塑料,主要包括六大品种,即聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料。它们的产量占塑料总产量的一半以上,构成了塑料工业的主体。

(2) 工程塑料

工程塑料常指在工程技术中用作结构材料的塑料。它除具有较高的机械强度外,还具有很好的耐磨性、耐腐蚀性、自润滑性及尺寸稳定性等,同时具有某些金属性能,因而可