



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

塑料成型工艺及模具设计

SULIAO CHENGXING GONGYI JI MUJU SHEJI

主 编 贺 平 曲学军 邓忠林

副主编 陈 伟 刘占军 雷 玲 康志军



Mold
Design



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

塑料成型工艺及模具设计

主 编：贺 平 曲学军 邓忠林

副主编：陈 伟 刘占军 雷 玲 康志军

2013.10

10.1

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍了塑料的组成、分类、性能及其制件设计。一方面系统而简明地介绍了塑料的注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型及中空吹塑成型等工艺与模具的设计原理和设计方法；另一方面详细阐述了注塑模具的结构特点、工作原理和设计要点，展开介绍了各类塑料模具的设计，最后介绍了塑料模具标准化及CAD技术。本书兼顾了理论基础和生产实践两方面，内容全面丰富，配以大量图示，简洁明了，实用性强。

本书可作为普通本科院校、高等专科学校、高等职业学校和成人高校等学校的模具设计与制造专业、高分子材料专业的教学用书，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员使用。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺及模具设计 / 贺平，曲学军，邓忠林主编. —北京：电子工业出版社，2011.8

(普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材)

ISBN 978-7-121-13511-8

I. ①塑… II. ①贺… ②曲… ③邓… III. ①塑料成型—工艺—高等学校—教材②塑料模具—设计—高等学校—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 084519 号

策划编辑：李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑：刘 凡

印 刷：北京季蜂印刷有限公司

装 订：三河市鹏成印业有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：13.25 字数：339 千字

印 次：2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

本书是《普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材》之一，可作为高校模具设计与制造专业、高分子材料专业的教材。本书主要内容包括塑料成型基础、塑料成型工艺及其模具设计。全书兼顾了理论基础和生产实践两个方面，内容全面丰富，并配以大量图示，简洁明了，实用性强。

塑料作为现代四大工业基础材料之一，越来越广泛地应用在各行各业。在塑料原材料转变为塑料制件的过程中，塑料原材料的选用、成型设备的选择、成型工艺的制定和成型模具的设计与制造是塑料制件生产的四大环节，而主要的环节集中在成型工艺的正确制定和塑料模具的合理设计两方面。编者就这两方面用简明、通俗的语言进行了较为详尽的阐述。全书共分10章，第1章为绪论；第2章介绍了塑料；第3章介绍了塑料的成型工艺基础；第4章介绍了塑料制件设计；第5章详细论述了塑料注射模具设计；第6章详细论述了塑料压缩成型模具设计；第7章介绍了塑料压注成型模具设计；第8章介绍了塑料挤出成型模具设计；第9章介绍了其他塑料成型工艺；第10章介绍了塑料模具标准化及CAD技术。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。

本书由贺平、曲学军、邓忠林担任主编。沈阳航空航天大学贺平副教授负责第5章的编写，沈阳航空航天大学邓忠林教授负责第4章和第6章的编写，沈阳航空航天大学曲学军副教授负责第3章、第9章和第10章的编写；沈阳航空航天大学北方科技学院陈伟副教授负责第7章的编写；沈阳航空航天大学刘占军副教授负责第1章的编写；淮阴工学院的康志军讲师负责第8章的编写；西北工业大学明德学院雷玲讲师负责第2章和第3章的编写，最后由刘占军统稿。

本书作为高校模具设计与制造专业的教材，广泛吸取了国内众多专家学者的研究成果，编写的主要参考书目附后，未及一一注明，在此谨表谢意，并请谅解。由于成书时间紧迫，本书难免存在不足和缺点，恳切希望得到专家的批评指正。

贺平 曲学军 邓忠林
2011年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 塑料及其应用	(1)
1.2 塑料模具技术及其发展趋势	(2)
1.2.1 大型、微型及精密塑料模具设计制造技术	(2)
1.2.2 模具标准化程度将不断提高	(3)
1.2.3 模具 CAD/CAE/CAM 技术的集成化是必然趋势	(3)
习题	(4)
第 2 章 塑料	(5)
2.1 塑料基础知识	(5)
2.1.1 塑料的定义及组成	(5)
2.1.2 塑料的分类	(5)
2.1.3 塑料的名称与代号	(6)
2.2 塑料的性能	(6)
2.2.1 塑料的力学性能	(6)
2.2.2 塑料的工艺性能	(7)
2.3 常用塑料	(11)
2.3.1 聚乙烯	(11)
2.3.2 聚丙烯	(11)
2.3.3 聚氯乙烯	(12)
2.3.4 聚苯乙烯	(13)
2.3.5 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂	(13)
2.3.6 聚甲基丙烯酸甲酯	(14)
2.3.7 聚酰胺	(15)
2.3.8 聚甲醛	(15)
习题	(16)
第 3 章 塑料的成型工艺基础	(17)
3.1 注射成型工艺	(17)
3.1.1 注射成型原理及工艺过程	(17)
3.1.2 注射成型工艺参数的确定	(19)
3.1.3 其他注射成型	(22)
3.2 压缩成型	(23)
3.2.1 压缩成型的原理及适用范围	(23)

3.2.2	压缩成型过程及其工艺参数	(24)
3.2.3	压缩物料的预处理	(25)
3.3	压注成型	(26)
3.3.1	压注成型原理	(26)
3.3.2	压注成型的主要工艺参数	(27)
3.4	挤出成型	(28)
3.4.1	挤出成型原理	(28)
3.4.2	挤出成型的工艺参数	(28)
3.5	其他塑料成型工艺	(30)
3.5.1	中空塑件吹塑成型	(30)
3.5.2	铸塑成型	(32)
3.5.3	压延成型	(33)
3.5.4	发泡成型	(34)
3.5.5	真空成型	(36)
	习题	(40)
第4章	塑料制件设计	(41)
4.1	塑料制件的尺寸和精度	(41)
4.1.1	塑料制件的尺寸	(41)
4.1.2	塑料制件的尺寸精度	(41)
4.2	塑料制件的表面质量	(43)
4.2.1	塑料制件的表面粗糙度	(43)
4.2.2	塑料制件的表面质量影响因素	(43)
4.3	塑料制件的结构设计	(43)
4.3.1	塑料制件的几何形状	(43)
4.3.2	螺纹设计	(47)
4.3.3	嵌件设计	(48)
4.3.4	齿轮设计	(49)
	习题	(50)
第5章	塑料注射模具设计	(51)
5.1	按塑料品种对注射模具进行分类	(51)
5.1.1	塑料注射模具分类方法	(51)
5.1.2	热固性塑料模具	(51)
5.1.3	热塑性塑料模具	(52)
5.2	按模具结构对注射模具进行分类	(52)
5.2.1	单分型面注射模具	(52)
5.2.2	双分型面注射模具	(52)
5.2.3	活动镶块式注射模具	(53)
5.2.4	侧向分型抽芯注射模	(53)

5.2.5	定模设推出机构的注射模	(54)
5.2.6	带自动卸螺纹的注射模	(54)
5.3	注射模具与注射成型机的关系	(55)
5.3.1	最大注射量的校核	(55)
5.3.2	注射压力的校核	(55)
5.3.3	锁模力的校核	(55)
5.3.4	模具与注射机合模部分相关尺寸的校核	(56)
5.3.5	开模行程校核	(57)
5.4	浇注系统设计与分型面的选择	(58)
5.4.1	浇注系统组成及设计基本原则	(58)
5.4.2	浇注系统设计	(60)
5.4.3	分型面及其选择	(71)
5.5	成型零件设计	(72)
5.5.1	成型零部件的结构设计	(72)
5.5.2	成型零部件的工作尺寸计算	(73)
5.5.3	成型零部件的强度与刚度计算	(75)
5.6	导向机构设计	(75)
5.6.1	导向机构的设计	(75)
5.6.2	锥面定位机构的设计	(76)
5.7	推出机构设计	(76)
5.7.1	简单推出机构的设计	(77)
5.7.2	推件板推出机构的设计	(80)
5.7.3	推块推出机构	(82)
5.7.4	联合推出机构	(83)
5.7.5	二级推出机构	(83)
5.7.6	双脱模机构和顺序脱模机构	(91)
5.7.7	定模侧顶出制品的脱模机构	(93)
5.7.8	浇注系统凝料的脱模机构	(94)
5.7.9	带螺纹制品的脱模机构	(99)
5.8	抽芯机构设计	(105)
5.8.1	侧向分型与抽芯机构的分类	(105)
5.8.2	抽芯距与抽芯力的计算	(106)
5.8.3	斜导柱分型与抽芯机构	(106)
5.8.4	弯销式侧向分型与抽芯机构	(116)
5.8.5	斜滑块式侧向分型与抽芯机构	(118)
5.8.6	齿轮齿条式侧向抽芯机构	(122)
5.9	温控介质循环回路的设计	(123)
5.10	塑料模具设计步骤	(130)

5.10.1	接受任务书	(130)
5.10.2	收集、分析、消化原始资料	(130)
5.10.3	塑件成型工艺规程的制定	(130)
5.10.4	模具结构设计	(131)
5.10.5	模具结构草图的绘制	(132)
5.10.6	塑料成型设备参数的校核	(132)
5.10.7	绘制模具总装图和零件图	(132)
5.11	塑料注射模具实例(丁字形安装架塑件注射模设计)	(133)
	习题	(148)
第6章	塑料压缩成型模具设计	(149)
6.1	塑料压缩模结构设计	(149)
6.1.1	压缩模结构选择	(149)
6.1.2	压缩模的结构特征	(150)
6.1.3	压缩加压方向的选择	(151)
6.1.4	凸、凹模的结构及有关尺寸设计	(152)
6.2	压塑模具机构设计	(158)
6.2.1	导向机构设计	(158)
6.2.2	推出和开模机构设计	(158)
6.2.3	抽芯机构设计	(159)
6.2.4	其他结构件设计	(159)
6.3	压缩模用压机的选择	(160)
6.3.1	压缩模用压机的分类	(160)
6.3.2	压缩模用压机的选择校核	(161)
6.4	压塑模典型结构图例	(163)
	习题	(164)
第7章	塑料压注成型模具设计	(165)
7.1	压注模类型选择	(165)
7.1.1	按所用的压机及操作方法分类	(165)
7.1.2	按加料腔结构分类	(165)
7.2	压注模主要结构设计	(166)
7.2.1	加料腔的设计	(166)
7.2.2	柱塞设计	(167)
7.2.3	加料腔与柱塞的配合及有关尺寸	(168)
7.2.4	浇注系统设计	(168)
7.3	压注模典型结构图例	(169)
	习题	(171)
第8章	塑料挤出成型模具设计	(172)
8.1	概 述	(172)

8.1.1	挤出模的组成	(172)
8.1.2	挤出模的分类	(173)
8.2	挤出模结构设计	(173)
8.2.1	管材挤出成型机头设计	(173)
8.2.2	异形材挤出成型机头设计	(174)
8.2.3	其他挤出成型机头设计	(175)
8.3	挤出机头设计要点	(177)
8.3.1	设计要点	(177)
8.3.2	设计步骤	(177)
	习题	(178)
第9章	其他塑料成型工艺	(179)
9.1	包装用聚苯乙烯泡沫塑料发泡成型模	(179)
9.1.1	成型方法和成型设备	(179)
9.1.2	聚苯乙烯发泡塑件的成型设计要点	(179)
9.1.3	模具结构设计	(179)
9.1.4	模具各部分的设计	(181)
9.2	低发泡注射成型用模具的设计	(181)
9.2.1	低发泡注射成型的特点	(181)
9.2.2	模具结构设计	(182)
9.3	中空吹塑模设计	(185)
9.3.1	模具结构选择	(185)
9.3.2	模具设计	(186)
9.4	热流道注射模设计	(187)
9.4.1	单模腔热流道注射模	(187)
9.4.2	外加热式多模腔热分流道注射模	(189)
9.4.3	内加热式多模腔热分流道注射模	(190)
9.4.4	热管加热的热流道注射模	(191)
9.4.5	阀式浇口热流道注射模	(191)
	习题	(193)
第10章	塑料模具标准化及 CAD 技术	(194)
10.1	塑料模具标准化	(194)
10.1.1	模具标准化的意义	(194)
10.1.2	我国塑料模具标准	(194)
10.1.3	模架选择	(195)
10.2	注塑模具 CAD 技术	(196)
10.2.1	注塑模具 CAD 概述	(196)
10.2.2	Pro/E 在注射模具设计中的应用	(199)
	习题	(200)
	参考文献	(201)

第 1 章

绪 论

1.1 塑料及其应用

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物，也称为高分子聚合物，简称高聚物。在其中加入一定量的填料（如增塑剂、稳定剂、着色剂等），在一定温度、压力和时间下就能制成规定形状和尺寸且具有一定功能的制品。所谓高分子，是指原子数很多、相对分子质量几万至上千万、分子很长的巨型分子。树脂有天然树脂和合成树脂之分，天然树脂无论在数量上还是质量上都不能满足实际需求，因而在实际生产中所用的树脂都是合成树脂。合成树脂是人们按照天然树脂的分子结构和特性，用人工方法合成制造的。有些合成树脂可以直接作为塑料使用，如聚乙烯、聚苯乙烯、尼龙等；但有些合成树脂则必须在其中加入一些助剂，才能作为塑料使用，如酚醛树脂、氨基树脂、聚氯乙烯等。

塑料制品具有质量轻、比强度高、耐腐蚀、化学稳定性好等特点；具有优良的电绝缘性能、光学性能、减摩、耐磨性能和消声减震性能；又有良好的可塑性易于成型并且成本低等优点，在工业和日常生活中得到广泛的应用，成为现代世界不可缺少的材料。

低压聚乙烯可用于制造塑料管、塑料板、塑料绳以及承载力不高的零件，如齿轮、轴承等；高压聚乙烯常用于制作塑料薄膜、软管、塑料瓶以及电气工业中的绝缘零件和包覆电缆等。

由于聚乙烯的耐热性能好，所以可以制作硬的高压容器以及汽车的模塑部件；由于其定向性能较好，可以制作各种纺织纤维；由于其抗疲劳强度较高，所以可用做各种机械零件以及自带铰链的盖体合一的箱壳类制品；抗冲击性能的聚乙烯主要用于制作汽车、家用品、器具中的注塑件。

由于聚氯乙烯不易燃，可用于制作房屋墙板；由于其化学稳定性高，所以可用于制作防腐管道、管件、输油管等；由于其电气绝缘性能优良，可在电气、电子工业中用于制造插座、插头、开关、电缆；在日常生活中，聚氯乙烯常用于制造凉鞋、雨衣、玩具、人造革等。

由于聚苯乙烯的光学透过性能较好，所以在工业上可制作灯罩、透明容器等；由于它具有高频绝缘性，可用于制造电气方面的接线盒、电池盒等；在日用品方面可用于制造包装材料、家庭用品（餐具、托盘等）。

ABS 广泛应用于计算机和机器壳体、电器设备、汽车挡泥板等。尼龙由于具有较好的力学性能，在工业上广泛地用来制作轴承、齿轮、输油管、绳索等零件。酚醛树脂广泛用于防腐蚀工程，又可以制作胶黏剂，还可以用于制造齿轮、轴瓦、导向轮、轴承及电工结构材料和电气绝缘材料。酚醛层压塑料可制成各种型材和板材，石棉布层压塑料主要用于高温下工作的零件，

木质层压塑料适用于制作水润滑冷却下的轴承及齿轮等。环氧树脂可用做金属和非金属材料的黏合剂，用于封装各种电子元件。人们常用环氧树脂配以石英粉等来浇铸各种模具。因其耐霉菌性能较好，故还可用做各种产品的防腐涂料。

1.2 塑料模具技术及其发展趋势

模具是工业生产中的基础工艺装备，也是发展和实现少无切削技术不可缺少的工具。在电子、汽车、电机、电器、仪表、家电和通信行业中，有60%~80%的零部件都需要模具加工，轻工制品的生产中应用模具更多，因此模具行业有“百业之母”的美誉。模具技术的水平及科技含量的高低，直接影响工业产品的发展，它在很大程度上决定着产品的质量、企业的效益、新产品的开发能力，决定着一个国家制造业的国际竞争力，因此模具技术的水平及科技含量的高低已经成为衡量一个国家设计水平和产品制造水平的重要标志。随着模具CAD/CAE/CAM技术的广泛使用，模具技术的水平和科技含量将有质的飞跃。21世纪市场要求高质量、低成本的产品，并且要求对各种不同的市场需求做出快速的反应。塑料模具技术必然向专业化、标准化、集成化、智能化、虚拟化和网络化发展。

塑料模具有着鲜明的时代特色，可归纳为“快、精、多、高”四个特点。所谓“快”，就是市场对产品的更新周期要求越来越短，相应要求制模周期短，因而各种快速加工手段大量出现并得到推广。由于产品的科技含量迅猛发展，所以对模具的精度要求也越来越高，即模具“精”。品种、规格“多”，效益“高”是市场经济的基本追求，很多模具厂商都十分重视模具的生产效率。近年来，我国塑料模具发展迅速。目前，塑料模具在整个模具行业中所占比重约为30%，在模具进出口中的比重高达50%~70%。随着中国机械、汽车、家电、电子信息和建筑建材等国民经济支柱产业的快速发展，这一比例还将持续提高。

塑料模具技术包括设计技术、材料选择、加工技术管理及维修技术等诸多领域，其发展趋势包括以下几方面。

1.2.1 大型、微型及精密塑料模具设计制造技术

随着社会进步和工业的快速发展，用户对塑料模具的要求已越来越高。作为现代工业基础的模具，不但要满足生产零件的需要，而且要满足生产组件的需要，还要满足产品轻量化和生产的节能降耗及环保等要求。现在，汽车、轻工、机电、电信、建材等行业及航空航天、新能源、医疗等新兴产业对塑料零部件的需求越来越大，要求越来越高。因此，大力发展大型及精密塑料模具生产技术已成为提高我国模具制造水平的重要环节之一。一些新型的塑料成型技术及相应的模具发展的重要性尤为突出，而且这对于提高工业生产的效率以及节能降耗和环保有重要意义。

该项技术包含的主要关键技术有：热流道技术及其在精密注塑模具上的合理应用；多注射头塑料封装模具生产技术；为1000t锁模力以上注射机和200t以上热压压力机配套的大型塑料模具以及精度达到0.01mm以上的精密注射模具生产技术；多色多材质模具生产技术；金属与塑料零件组合模生产技术；不同塑料零件叠层模具生产技术；高光无痕无须再进行塑料件表面

加工的注射模具生产技术；塑料模具模内装配及装饰技术和热压快速无痕成型技术；新型塑料和多层复合材料的成型技术及模具技术；气液等辅助注塑技术及模具技术；塑料异型材共挤及高速挤出模具生产技术等。

气体辅助注射成型是一种塑料成型的新工艺，它具有注射压力低、制品翘曲变形小、表面质量好以及易于成型壁厚差异较大的制品等优点，可在保证产品质量的前提下，大幅度降低成本，在国外已比较成熟。国内目前在汽车和家电行业中正逐步推广使用。气体辅助注射成型包括塑料熔体注射和气体（一般均采用氮气）注射成型两部分，它比传统的普通注射工艺有更多的工艺参数需要确定和控制。而且气体辅助注射常用于较复杂的大型制品，模具设计和控制的难度较大，因此，开发气体辅助成型流动分析软件就显得十分重要。

为了确保塑料件精度，人们将继续研究发展高压注射成型工艺与模具以及注射压缩成型工艺与模具。在注射成型中，影响成型件精度的最大因素是成型收缩。高压注射成型可增加塑料件尺寸的稳定性。模具要求刚性好、耐高压。特别是精密模具的型腔应淬火，浇口密封性好，模温能准确控制。注射压缩成型技术，是在模具预先半开模状态或者在锁模力保持中压或低压，模具在设定的打开量下，注射熔融树脂，然后以最大的锁模力进行压缩成型，其效果是：①成型件局部内应力小；②可得到缩孔少的厚壁成型件；③对于塑件狭窄的部件也可注入树脂；④用小注射力能得到优良制品。该类模具的理想模具结构是：①注射时树脂以低的流动阻力迅速充填型腔；②充填后能立刻遮断浇口部；③压缩作用应仅限于型腔部。

金属、陶瓷粉末注射成型工艺经过“七五”、“八五”技术攻关，“九五”开始产业化。该工艺适用于制造几何形状复杂、精密以及具有特殊要求的小型零件（0.2~200g），生产效率高，易于实现大批量生产。配合这一工艺的模具将随该工艺的发展而发展。我国精密塑料模的精度已达到 $3\mu\text{m}$ ，多腔塑料模已能生产一模2560腔的塑封模，高速模具方面已能生产4m/min以上挤出速度的高速塑料异型材挤出模及主型材双腔共挤模具。

1.2.2 模具标准化程度将不断提高

我国模具标准化程度正在不断提高，目前我国模具标准件使用覆盖率已达到30%左右。国外发达国家一般为80%左右。为了适应模具工业发展，模具标准化工作必将加强，模具标准化程度将进一步提高，模具标准件生产也必将得到发展。

1.2.3 模具CAD/CAE/CAM技术的集成化是必然趋势

国内模具制造企业虽然也采用了CAD/CAM/CAE技术，但模具的设计尚未形成成熟的理论指导和设计体系，各类设计工具更多地表现为单一学科的软件化，其相互集成也是以软件接口实现的数据集成。模具CAD/CAE/CAM技术与CE（Concurrent Engineering）、CAE、CAPP（Computer Aided Process Planning）、PDM（Product Data Management）等技术密切相连，组成一个有机的整体，建立一个统一的全局模具产品数据模型，在模具开发、模具设计中，提供全部的信息，使信息共享、交换处理和反馈。它综合了计算机技术、系统集成技术、并行技术和管理技术，最终将发展成为CIMS（Computer Integrated Manufacture System，计算机集成制造系统）。

习 题

1. 简述塑料在工业上有哪些应用？
2. 论述塑料模具技术的发展趋势？

第2章

塑 料

2.1 塑料基础知识

2.1.1 塑料的定义及组成

塑料是指以树脂为主要成分，适当加入填料、增塑剂及其他助剂（如着色剂、防老化剂、阻燃剂等），在一定温度和压力下，可塑制成一定的形状，并在常温下能保持既定形状的材料及其制品。

树脂是塑料最基本、最重要的成分。树脂分为天然树脂和合成树脂。天然树脂有松香、虫胶、沥青等，合成树脂有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、酚醛树脂、聚氨酯、环氧树脂等。在工业生产和应用上，大部分塑料中还需加入各种助剂（也称为添加剂），用以改善塑料的加工性能和使用性能或降低成本。助剂有增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂、阻燃剂、发泡剂、着色剂等。助剂在一定程度上对塑料的力学性能、物理性能和加工性能的改善起着重要作用。

有些塑料也可不加任何助剂，如聚四氟乙烯塑料，这种塑料称为单组分塑料。有些塑料为多组分塑料。

2.1.2 塑料的分类

塑料的种类繁多，常见的塑料分类方法有以下几种。

1. 按加热性质分类

(1) 热塑性塑料。热塑性塑料加热时会变软，甚至成为具有一定流动性的黏稠物质，此时具有可塑性，可塑制成一定形状的制品，冷却后硬化定型；若再加热，它又变软，可再加工成另一种形状的制品，冷却后又硬化定型。这样可反复多次。具有这种性质的塑料称为热塑性塑料。聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛、聚酰胺以及聚碳酸酯等都是热塑性塑料。

热塑性塑料发展很快。近年来又发展了一批具有特殊性能的热塑性塑料，如聚砜、含氟塑料等。

(2) 热固性塑料。热固性塑料在加热时，起初也会变软，并具有一定的可塑性，可制成一定形状的制件，但继续加热或加入固化剂后则随化学反应的发生而变硬（固化），使形状固定下来不再变化（定型）。固化定型后的塑料，质地坚硬而不溶于溶剂中，如果再加热也不会软化和

不具有可塑性,温度过高就会发生分解。具有这种性质的塑料称为热因性塑料。酚醛塑料(电木)、脲醛塑料(电玉)、环氧树脂以及不饱和聚酯等都是热固性塑料。

2. 按原料树脂的合成途径分类

(1) 以加聚树脂为基础原料的塑料。加聚树脂是指以加聚反应得到的合成树脂。常见的有氯乙烯、聚烯烃、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯等。

(2) 以缩聚树脂为基础原料的塑料。常见的有酚醛树脂等。

(3) 以天然高分子化合物为原料的塑料。以天然高分子化合物为基础原料的,必须经过化学加工而制得塑料。常见的有硝化纤维素、醋酸纤维素等。

3. 按应用范围分类

(1) 通用塑料。通用塑料是指目前产量较大、用途较广、成本较低、性能多样的一类常用塑料。聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料为五大通用塑料。其他聚烯烃、乙烯基塑料、丙烯酸塑料、氨基塑料等也都属于通用塑料。它们的产量占塑料总产量的一大半,构成塑料工业的主体。

(2) 工程塑料。工程塑料是指性能优良、能作为工程材料或结构材料的一类塑料。例如,聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS共聚物或ABS)等,都是具有优良的力学性能或耐热、耐腐蚀、耐磨等特性的工程塑料。

(3) 特种塑料。特种塑料又称功能塑料,是指具有某种特殊功能的塑料,如用于导电、导磁、感光、防辐射、光导纤维、液晶、高分子分离膜等的塑料。特种塑料一般是由通用塑料或工程塑料用树脂经特殊处理或改性获得的,但也有一些是由专门合成的特种树脂制成的。

2.1.3 塑料的名称与代号

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。

2.2 塑料的性能

2.2.1 塑料的力学性能

塑料强度绝对值一般来说低于金属。未增强的塑料大部分拉伸强度不足 10^2MPa ,某些塑料拉伸强度略高于 10^2MPa ,约比碳钢低数倍至一个数量级。增强塑料强度值可成倍或数倍提高,可以接近或达到有色金属的水平。玻纤织物或高强纤维增强的某些塑料,强度值可达到碳钢水平。

由于塑料密度小,所以比强度(强度与密度比值)与金属的差距就明显减少,许多塑料的比强度接近有色金属,有些塑料的比强度可达到或超过高强钢水平。

塑料刚度的绝对值与金属的差距更大些。未增强的塑料拉伸弹性模量在 $(0.2\sim 5)\times 10^3\text{MPa}$ 之间,碳素结构钢及合金钢在 $(2.0\sim 2.8)\times 10^5\text{MPa}$ 之间,相差约两个数量级。增强塑料拉伸刚

度可提高到 $(0.3\sim 4)\times 10^4\text{MPa}$,与钢材仍相差一个数量级。但由于塑料密度小,比刚度(弹性模量与密度的比值)与金属就比较接近,部分增强塑料比拉伸刚度与有色金属及其合金相当,高模量纤维增强的工程塑料(复合材料)的比拉伸刚度可达到或超过最好的钢材。

硬度是材料抵抗压入变形,特别是抵抗永久变形、抗压痕、耐划伤性的衡量尺度。热塑性塑料硬度远低于金属,固化后的热固性塑料硬度较高,大约相当于或略高于有色金属,但也低于碳钢与合金钢。塑料硬度随环境温度和湿度不同会有所变化,温度升高和湿度增大都会使硬度降低。

韧性表征着材料抵抗快速载荷引起破坏的能力,工程上主要用冲击强度表示。不同塑料韧性的差异表现得比其他性能更明显,这是由于载荷作用快,影响材料韧性的结构因素表现得更充分。塑料的韧性,首先取决于树脂分子链的柔曲性。分子链越柔曲,越容易解缠结,对外载更能迅速响应,材料就会越表现出良好的韧性。树脂分子量及分子量分布对韧性也有较明显影响,同种塑料,分子量增大和分散性减小,都有利于提高韧性。塑料韧性值对加载速率非常敏感,速率越大,韧性越小,高速冲击下,韧性良好的塑料也会表现出脆性,低速冲击时,韧性差的塑料也会有较好的冲击强度值。韧性对温度也很敏感,温度越低,韧性越差。试样带缺口可大大降低韧性,因为缺口处会产生应力集中,在冲击载荷下产生三轴拉伸应力,不产生可引起塑性变形的剪应力,使韧性降低。

在恒定应力作用下,材料应变随时间增大的现象称为蠕变。随应力形式不同,有拉伸、压缩、弯曲等蠕变。与金属不同,塑料在室温下就会有蠕变,温度升高,蠕变更明显,使塑料试样或制品产生一定形变,维持该形变的应力会随时间衰减,称为应力松弛。

不同塑料的蠕变和应力松弛性能有很大差别,树脂分子链柔曲性和分子链间作用力大小是关键因素。分子链越柔曲,分子链间作用力越小,塑料的蠕变和应力松弛性就越明显。相反,刚性分子链及链间作用力大的塑料,蠕变及应力松弛性就小。热固性塑料由于分子链间交联,抗蠕变性和抗应力松弛一般而言优于热塑性塑料。

疲劳是指在交变的周期性应力或频繁的重叠应力(如振动)作用下,塑料力学性能衰减以至最终破坏的现象。疲劳使材料不能发挥固有的力学性能,在应力远小于静态应力下的强度值时就会破坏。不致引起材料疲劳破坏的最高极限应力称为材料的疲劳强度。多数塑料的拉伸疲劳强度仅为静拉伸强度的20%~25%。

2.2.2 塑料的工艺性能

塑料在常温下是玻璃态,若加热则变为高弹态,进而变为黏流态,从而具有优良的可塑性。可以用许多高生产率的成型方法来制造产品,这样就可节约原料、节省工时、简化工艺过程,且对工人技术要求低,易于组织大批量生产。下面介绍成型加工中常用的一些参数。

1. 收缩率

塑料从热的模具中取出并冷却到室温后,其尺寸发生变化的特性称为收缩率。由于收缩率不仅是树脂本身的热胀冷缩,而且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。

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

(2) 收缩方向性。塑料在成型时由于各个方向的收缩不同, 致使塑件的性能呈各向异性。例如, 沿料流方向收缩大, 强度高; 而与料流垂直方向则收缩小, 强度低。此外, 成型时由于塑件各部位密度及填料分布不均匀, 所以各部位的收缩也不均匀。这种由于收缩的方向性而产生的收缩不一致, 容易使塑件发生翘曲、变形、裂纹, 尤其在挤塑及注塑成型时方向性更为明显。

(3) 后收缩。塑料成型时, 由于受成型压力、剪切应力、各向异性、密度不匀、填料分布不匀、模温不匀、硬化不匀及塑件变形等因素的影响, 引起一系列应力的作用, 这些应力在黏流态时不能全部消失, 所以塑件在应力状态下成型时存在残余应力。当脱模后, 由于应力趋向平衡及储存条件的影响, 残余应力发生变化而使塑件发生再收缩, 这种收缩称为后收缩。通常挤塑及注塑成型的后收缩比压塑成型的大, 热塑性塑料的后收缩比热固性塑料的大。

(4) 后处理收缩。有时按性能及工艺要求, 塑件成型后需要进行热处理, 而热处理后也会导致塑件尺寸发生变化。故在模具设计时, 对高精度塑件应考虑后收缩及后处理收缩的误差, 并予以补偿。

收缩率用成型尺寸相对收缩的百分数来表示。由于金属模具与塑料的线胀系数不同, 收缩率分为实际收缩率和计算收缩率。实际收缩率表示模具或塑件在成型温度时的尺寸与塑件在室温时的尺寸之间的差别; 而计算收缩率则表示室温时模具尺寸与塑件尺寸的差别。这两种收缩率的计算可按下列公式求得:

$$\Delta\xi_{\text{实际}} = (a-b) / b \times 100\%$$

$$\Delta\xi_{\text{计算}} = (c-b) / b \times 100\%$$

式中 $\Delta\xi_{\text{实际}}$ ——实际收缩率;

$\Delta\xi_{\text{计算}}$ ——计算收缩率;

a ——模具或塑件在成型温度时的尺寸 (mm);

b ——塑件在室温时的尺寸 (mm);

c ——是模具在室温时的尺寸 (mm)。

工程应用时, 实际收缩率与计算收缩率相差不大, 但在模具设计中, 常用计算收缩率。

影响收缩率变化的因素主要有以下几个方面。

(1) 塑料品种: 各种塑料都有各自的收缩率。同种塑料由于树脂的相对分子质量、填料及配方比等的不同, 收缩率及各向异性也不同。热塑性塑料成型过程中存在结晶引起的体积收缩, 因此与热固性塑料相比收缩率较大、收缩率范围宽、方向性明显。此外成型后的收缩、退火或调温处理后的收缩一般也都比热固性塑料大。

(2) 塑件结构: 塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及其分布对收缩率大小也有影响。同一塑件的不同部位, 其收缩率也经常不同。如果塑件形状复杂、壁薄、有嵌件、嵌件数量多且对称分布, 则收缩率就小。

(3) 模具结构: 模具的分型面、加压方向、浇注系统形式、布局及其尺寸对收缩率及方向性影响也很大, 在挤塑及注塑成型时更为明显。如果采用直接浇口和大截面的浇口, 则收缩小, 但方向性大; 浇口宽且短, 则方向性小。距浇口近的或与料流方向平行的部位收缩大。

(4) 成型工艺: 模具温度高, 熔料冷却慢, 则密度高、收缩大。对于结晶型塑料, 因结晶度高, 体积变化大, 故收缩更大。模温分布与塑件内外冷却的均匀性会影响塑件各部位收缩量的大小及方向性。此外, 保压压力及保压时间对收缩的影响较大: 保压压力高, 保压时间长的