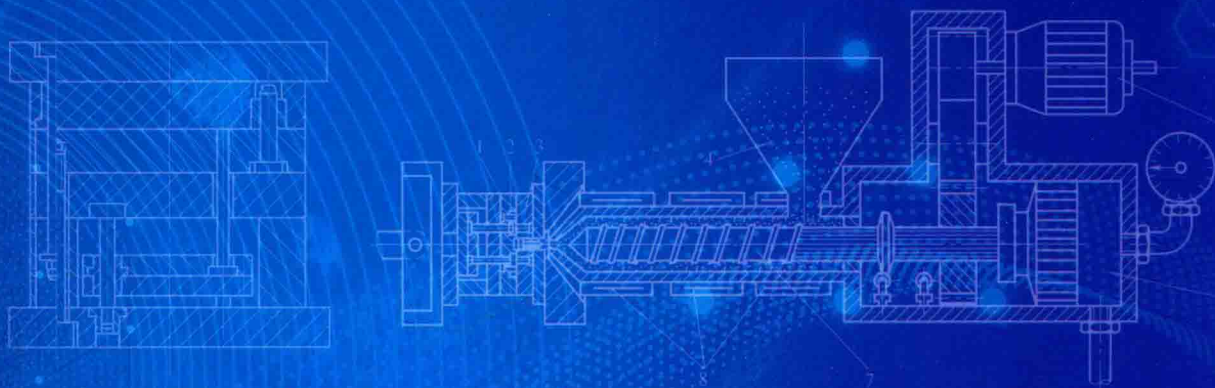




“十三五”江苏省高等学校重点教材

塑料成型工艺 与模具设计

金捷 朱红萍 主编



非
外
借



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



二维码资源配套



“十三五”江苏省高等学校重点教材

塑料成型工艺与模具设计

主 编 金 捷 朱红萍
副主编 支海波 柳松柱
参 编 李明亮 苑爱峰 郭光宜 章 勇
主 审 伍建国



机械工业出版社

本书以培养学生塑料成型工艺设计与成型模具设计能力为核心,按照塑料成型模具设计的工作过程,将塑料基础知识、塑件设计、塑料成型工艺、塑料成型设备、塑料成型模具的结构与设计等内容有机融合,以典型模具设计为载体,突出实用性、综合性、先进性,综合训练学生的应用能力。

全书共四个项目,分别是塑料及塑料制品工艺性能的确定、塑料成型工艺与设备的确定、注射成型模具设计、其他塑料成型模具设计。全书内容从塑料基础开始直至模具设计,既体现了内容的职业特征,又具有任务综合性,可满足职业教育教学的需要。每个项目都配有思考与练习,引导学生将所学知识与企业实际零距离对接。

本书可作为高职高专模具设计与制造专业及相关专业教学用书,同时也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

本书配套电子课件、习题库等教学资源,同时将相关的动画及视频以二维码的形式植入书中,以方便读者学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/金捷,朱红萍主编. —北京:机械工业出版社, 2018.9

“十三五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-111-61036-6

I. ①塑… II. ①金… ②朱… 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(2018)第222053号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于奇慧 责任编辑:于奇慧

责任校对:王明欣 封面设计:马精明

责任印制:孙 炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2019年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·334千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-61036-6

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部《高等职业教育创新发展行动计划（2015—2018）》等文件精神，在吸收近年来高职高专教育教学改革成果和经验的基础上，树立“工学结合”的现代职教理念，结合模具技术的发展趋势，运用“互联网+”信息技术，与行业企业共同开发的新形态一体化教材。本书以培养学生的学习能力、实践能力和创新能力为核心，突破传统学科型教材模式，强化应用，注重实践，将理论教学和实践教学融为一体。

本书根据模具技术领域和职业岗位（群）的要求，参照相关的职业资格标准，与行业企业共同开发，按照工程过程系统化的思想，将塑料基础知识、塑件设计、塑料成型工艺、塑料成型设备、塑料成型模具的结构与设计等内容有机融合，以项目引领，以工作过程为导向，以典型模具设计为载体，以具体工作任务为驱动，突出训练学生的综合应用能力，融理论教学、综合实践为一体，实现教学过程与工作过程的对接与吻合。

本书具有以下主要特色与创新：

1. 采用“项目导向、任务驱动”的编写模式，使学生在每个任务中进行思考和学习，达到学会学习、学会工作的目的。教材编写结构新颖，可满足“教师在做中教，学生在做中学”的教学模式改革的需要。

2. 基于塑料成型模具设计的工作过程，将实际生产案例有机地融入教材中，与理论知识有机地联系在一起，体现了“案例学习、理实一体”的高职教育特色。

3. 每个任务按照【知识目标】→【能力目标】→【任务引入】→【相关知识】→【任务实施】→【思考与练习】等内容展开，让学生每完成一个任务就有一种成就感，做到理论融于实践，动脑融于动手，有利于实施“行动导向”教学法，体现了现代职业教育教学理念。

4. 项目选取的塑件载体与企业生产联系紧密，实用性和可操作性强，既浅显易懂，又紧密对应相关职业标准，有利于学生获取模具设计师职业资格证书，实现“双证融通”。

5. 本书配有电子课件、案例、习题库、试卷库等教学辅助资源。运用“互联网+”技术，学生扫描教材中的二维码即可显示相应的动画或学习内容，使学习内容更加情景化、动态化、形象化，并通俗易懂、便于自学，充分体现了“以学生为本”的教育理念。

6. 本书是由长期担任相关课程教学的有工程背景的教师和企业工程技术人员共同编写的，教材内容紧密结合生产实际，符合行业企业需求。

本书由金捷、朱红萍任主编，支海波、柳松柱任副主编，具体分工为：项目一由盐城工业职业技术学院李明亮编写，项目二由鄂州职业大学柳松柱编写，项目三中的任务一、二由沙洲职业工学院朱红萍编写，项目三中的任务三由徐州工业职业技术学院苑爱峰编写，项目



三中的任务四、五由沙洲职业工学院金捷编写，项目三中的任务六由张家港中天精密模塑有限公司支海波编写，项目三中的任务七由南通职业大学郭光宜编写，项目四由沙洲职业工学院章勇编写。本书由沙洲职业工学院伍建国教授任主审。

本书在编写过程中参考了有关教材及学校合作企业“中天模塑”的相关资料，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免有错误和不足，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

项目一 塑料及塑料制品工艺性能的

确定 1

任务一 选择与分析塑料品种 1

【知识目标】 1

【能力目标】 1

【任务引入】 1

【相关知识】 2

一、塑料及其组成 2

二、塑料的分类 3

三、塑料的选用 4

四、塑料成型的工艺特性 6

【任务实施】 11

【思考与练习】 11

任务二 分析塑件的结构工艺性 13

【知识目标】 13

【能力目标】 13

【任务引入】 13

【相关知识】 13

一、塑件尺寸及其精度 14

二、塑件表面粗糙度 14

三、塑件结构设计 14

【任务实施】 28

【思考与练习】 29

项目二 塑料成型工艺与设备的确定 30

任务一 确定塑料成型方式及工艺参数 30

【知识目标】 30

【能力目标】 30

【任务引入】 30

【相关知识】 30

一、注射成型原理及工艺 30

二、压缩成型原理及工艺 38

三、压注成型原理及工艺 41

四、挤出成型原理及工艺 43

五、气动成型原理及工艺 47

【任务实施】 53

【思考与练习】 54

任务二 初步选择注射成型设备 55

【知识目标】 55

【能力目标】 55

【任务引入】 55

【相关知识】 55

一、注射机的结构 55

二、注射机的分类 55

三、注射机有关工艺参数的校核 56

【任务实施】 61

【思考与练习】 62

项目三 注射成型模具设计 63

任务一 认识注射成型模具的基本结构与

分类 63

【知识目标】 63

【能力目标】 63

【任务引入】 63

【相关知识】 63

一、注射模的结构组成 63

二、注射模的分类 65

三、典型注射模的结构及特点 65

【任务实施】 73

【思考与练习】 73

任务二 注射模分型面与浇注系统的设计 ... 73

【知识目标】 73

【能力目标】 73

【任务引入】 74

【相关知识】 74

一、分型面的选择 74

二、型腔数目的确定与分布	76	四、液压或气动侧向分型与抽芯	
三、普通浇注系统设计	79	机构	159
【任务实施】	95	【任务实施】	160
【思考与练习】	96	【思考与练习】	162
任务三 注射模成型零件设计	96	任务六 注射模温度调节系统设计	162
【知识目标】	96	【知识目标】	162
【能力目标】	96	【能力目标】	163
【任务引入】	97	【任务引入】	163
【相关知识】	97	【相关知识】	163
一、成型零件结构设计	97	一、模具温度与塑料成型温度的	
二、成型零件工作尺寸的计算	103	关系	163
【任务实施】	107	二、冷却回路的尺寸确定与布置	164
【思考与练习】	109	三、冷却系统设计	167
任务四 注射模推出机构设计	109	四、加热系统设计	169
【知识目标】	109	【任务实施】	169
【能力目标】	109	【思考与练习】	170
【任务引入】	109	任务七 结构零部件设计	171
【相关知识】	110	【知识目标】	171
一、推出机构的结构组成与分类	110	【能力目标】	171
二、推出力的计算	111	【任务引入】	171
三、一次推出机构	112	【相关知识】	171
四、二次推出机构	118	一、标准注射模架	171
五、定模、动模双向顺序推出机构	124	二、支承零部件的设计	174
六、浇注系统凝料的推出机构	125	三、定模座板、动模座板的设计	176
七、带螺纹塑件的脱模	129	四、合模导向机构的设计	177
【任务实施】	132	【任务实施】	181
【思考与练习】	132	【思考与练习】	183
任务五 注射模侧向分型与抽芯机构的		项目四 其他塑料成型模具设计	184
设计	133	【知识目标】	184
【知识目标】	133	【能力目标】	184
【能力目标】	133	【相关知识】	184
【任务引入】	133	一、压缩模设计	184
【相关知识】	134	二、压注模设计	201
一、侧向分型与抽芯机构的分类	134	【思考与练习】	211
二、机动侧向分型与抽芯机构	134	参考文献	212
三、手动侧向分型与抽芯机构	158		

项目一 塑料及塑料制品工艺性能的确定

任务一 选择与分析塑料品种



【知识目标】

1. 掌握塑料的组成、类型和特点。
2. 掌握塑料的概念和常用塑料的基本性能。
3. 熟悉常用塑料的代号、性能和用途。



【能力目标】

1. 会分析并合理选择塑料制品的塑料品种。
2. 会分析给定塑料的使用性能和工艺性能。



【任务引入】

塑料防护罩如图 1-1 所示，要求防护罩有足够的强度和耐磨性，外侧表面光滑，下端外沿不允许有浇口痕迹，且性能可靠，精度要求中等，生产批量较大。要求选择该塑料防护罩塑料品种并分析该塑料的使用性能和工艺性能。

通常将塑料制品称为塑料制件或塑件。由于塑料制件各式各样，且使用要求各不相同，对塑料品种的要求也不同。不同的品种，其使用性能、成型工艺性能和应用范围也不同。塑料品种的选用要综合考虑多方面的因素：首先要了解塑料制件的用途，使用过程中的环境状况，如温度高低、是否有化学介质、是否有电性能要求；还需要了解不同种类塑料的性能（塑料的组成、类型

和特点），以及该种塑料的成型工艺性能（收缩率、流动性、结晶性、热敏性、水敏性、应力开裂和熔融破裂等）；在满足使用性能和工艺性能后，再考虑选用该种塑料的成本，如原料的价格、成型加工难易程度、相应模具的造价等。

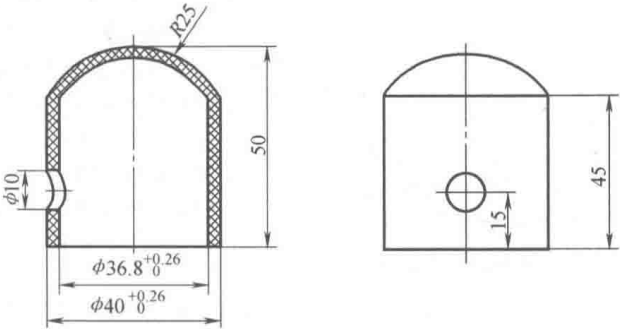


图 1-1 塑料防护罩

本任务以塑料防护罩为载体，训练学生合理选择与分析塑料品种的能力。

【相关知识】

一、塑料及其组成

1. 塑料与聚合物

塑料是以高分子量的合成树脂为主要成分，加入适量的添加剂后，在一定条件下（如温度，压力等）可塑制成一定形状且在常温下保持形状不变的材料。树脂可分成天然树脂和合成树脂。松香、虫胶等属于天然树脂，其特点是无明显熔点，受热后逐渐软化，可溶解于溶剂而不溶于水等。用人工方法合成的树脂称为合成树脂，我们所使用的塑料一般都是以合成树脂为主要原料制成的。

聚合物是由一种或几种简单化合物通过聚合反应而生成的一种高分子化合物。合成树脂就是一种聚合物，简称高聚物或聚合物。聚合物的高分子含有许多原子、相对分子质量很高，分子是很长的巨型分子。正因为这样，才使得聚合物在热力学性能、流变性能、成型过程中的流动行为和物理化学变化等方面有其自身的特性。

2. 塑料的组成

塑料是以合成树脂为主要成分，加入适量的添加剂组成的，见表 1-1。

表 1-1 塑料的组成

组 成		作用及特性
合成树脂		合成树脂是由低分子化合物经聚合反应所获得的高分子化合物,如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等。树脂受热软化后,可将塑料的其他组分加以黏合,并决定塑料的主要性能,如物理性能、化学性能、力学性能及电性能等。塑料中的树脂含量为 40%~100%(质量分数,下同)
添加剂(添加剂的作用是调整塑料的物理化学性能,提高材料强度,扩大使用范围,以及减少合成树脂的用量,降低塑料的成本)	填充剂	常用的填充剂有木粉、纸及棉屑、硅石、硅藻土、云母、石棉、石墨、金属粉、玻璃纤维、碳纤维等。加入不同的填充剂,可以制成不同性能的塑料。如酚醛树脂中加入木粉后,可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;聚酰胺、聚甲醛等树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后,明显地改善了塑料的耐磨性、抗水性、耐热性、机械强度和硬度等性能;用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能大幅度提高塑料的机械强度。有的添加剂还可使塑料具有树脂所没有的性能,如加入银、铜等金属粉末,可制成导电塑料;加入磁铁粉,可制成磁性塑料。塑料中的填充剂含量一般为 20%~50%。这是塑料制件品种多、性能各异的主要原因之一
	增塑剂	增塑剂用来提高塑料的可塑性和柔软性。常用的增塑剂是一些不易挥发的高沸点的液体有机化合物或低熔点的固体有机化合物。理想的增塑剂必须在一定范围内能与合成树脂很好相溶,并具有良好的耐热、耐光、不燃及无毒的性能。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,唯有软质聚氯乙烯含有大量的增塑剂(邻苯二甲酸二丁酯)

(续)

组 成		作用及特性
添加剂(添加剂的作用是调整塑料的物理化学性能,提高材料强度,扩大使用范围,以及减少合成树脂的用量,降低塑料的成本)	稳定剂	为了抑制和防止塑料在加工和使用过程中因受热、光及氧等作用而分解变质,以使加工顺利并保证塑件具有一定的使用寿命,常在塑料中加入稳定剂。如在聚氯乙烯中加入硬脂酸盐,可防止热成型时的分解;在塑料中加入炭黑作紫外线吸收剂,可提高其耐光辐射的能力。对稳定剂的要求是除对聚合物的稳定效果好外,还应能耐水、耐油、耐化学药品,并与树脂相溶,在成型过程中不分解、挥发小、无色。常用的稳定剂有硬脂酸盐、铅的化合物及环氧化合物等。稳定剂用量一般为塑料的 0.3%~0.5%
	润滑剂	润滑剂对塑料表面起润滑作用,防止塑料在成型加工过程中黏附在模具上。同时,添加润滑剂还可以提高塑料的流动性,便于成型加工,并使塑料表面更加光滑。常用的润滑剂为硬脂酸及其盐类,其加入量通常小于 1%
	着色剂	为满足塑件使用上的美观要求,塑料中常加入着色剂。一般用有机颜料、无机颜料和染料作着色剂。着色剂应具有着色力强、色泽鲜艳、分散性好,不易与其他组分起化学反应,耐热、耐光等性能。着色剂的用量一般为 0.01%~0.02%
	固化剂	固化剂又称硬化剂,它的作用是促使合成树脂进行交联反应而形成体型网状结构,或加快交联反应速度,一般多用在热固性塑料中。如在酚醛树脂中加入六次甲基四胺、在环氧树脂中加入乙二胺或顺丁烯二酸酐等,此外在注射热固性塑料时加入氧化镁可促使塑件快速硬化

二、塑料的分类

1. 按合成树脂的分子结构及其特性分类

(1) 热塑性塑料 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。这类塑料的合成树脂分子结构呈线型或支链型,通常互相缠绕但并不联结在一起,受热后能软化或熔融,从而进行成型加工,冷却后固化。如再加热,又可变软,可如此反复进行多次。常见的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚酰胺、聚甲醛、ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒、聚四氟乙烯等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料是由加热硬化的合成树脂制得的塑料。这类塑料的合成树脂分子结构,在开始受热时也为线型或支链型,因此,可以软化或熔融,但受热后这些分子逐渐结合成网状结构(称之为交联反应),成为既不熔化又不溶解的物质,称为体型聚合物。此时,即使加热到接近分解的温度也无法软化,而且也不会溶解在溶剂中。常见的热固性塑料有酚醛塑料、环氧树脂、脲醛塑料、三聚氰胺-甲醛塑料、不饱和聚酯塑料等。

2. 按塑料的用途分类

(1) 通用塑料 通用塑料是一种非结构用塑料。它的产量大,价格低,性能一般。这类塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料六大类。它们可用于日常生活用品、包装材料及一般小型机械零件,其产量约占塑料总产量的 80%。

(2) 工程塑料 工程塑料可作为结构材料。和通用塑料相比,它们的产量较小,价格较高,但具有优异的力学性能、电性能、化学性能、耐热性、耐磨性和尺寸稳定性等。常见的工程塑料有聚甲醛、聚酰胺、聚碳酸酯、聚苯醚、ABS、聚砒、聚四氟乙烯、有机玻璃、环氧树脂等。这类材料在汽车、机械、化工等部门用来制造机械零件和工程结构零部件。



(3) 特殊塑料 特殊塑料是指具有某些特殊性能的塑料。这类塑料有高的耐热性或高的电绝缘性及耐蚀性等，如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂等，还包括为某些专门用途而改性制得的塑料，如导磁塑料和导热塑料等。

三、塑料的选用

1. 热塑性塑料

常见热塑性塑料的性能与用途见表 1-2。

表 1-2 常见热塑性塑料的性能与用途

序号	塑料名称	性能特点	成型特点	使用温度/℃	主要用途
1	聚乙烯 (PE)	质软,力学性能差,表面硬度低,化学稳定性较好;但不耐强氧化剂,耐水性好	成型前可不预热;收缩大,易变形;冷却时间长,成型效率不高;塑件有浅侧凹,可强制脱模	<80	低压聚乙烯可用于制造塑料管、塑料板、塑料绳以及承载不高的零件,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用绝缘零件和包覆电缆等
2	聚丙烯 (PP)	化学稳定性较好,耐寒性差,光、氧作用下易降解,力学性能比聚乙烯好	成型时收缩大,成型性能好,易变形翘曲,尺寸稳定性好,柔软性好,有“铰链”特性	10~120	聚丙烯可用于制作各种机械零件,如法兰、接头、泵叶轮、汽车零件和自行车零件。可制作水、蒸汽、各种酸碱物的输送管道,化工容器和其他设备的衬里、表面涂层。制造盖和本体合一的箱体,各种绝缘零件,并用于医药工业中
3	聚苯乙烯 (PS)	透明性好,电性能好,拉伸强度高,耐磨性好,质脆,抗冲击性能差,化学稳定性较好	成型性能好,成型前可不干燥,但注射时应防止溢料,塑件易产生应力,易开裂	-30~80	聚苯乙烯在工业上可用于制作仪表外壳、灯罩、化学仪器零件、透明模型等。在电气方面用于制作良好的绝缘材料、接线盒、电池盒等。在日用品方面广泛用于包装材料、各种容器、玩具等
4	ABS	综合力学性能好,但耐热性较差,吸水性较大,化学稳定性较好	成型性能好,成型前要干燥,易产生熔接痕,浇口处外观不好	<70	用于制造齿轮、泵叶轮、轴承、把手、管道、电机外壳、仪表壳、日用品等
5	聚碳酸酯 (PC)	透光率较高,介电性能好,吸水性小,力学性能好,抗冲击、抗蠕变性突出,但耐磨性差,不耐碱、酮、酯	耐寒性好,熔融温度高,黏性大,成型前需干燥,易产生残余应力,甚至裂纹;质硬,易损坏模具,使用性能好	<130,脆化温度为-100	机械上用于制作各种齿轮、蜗轮、蜗杆、齿条、凸轮等;电气方面,用于制作电机零件、电话交换器零件、信号用继电器、风扇部件、拨号盘、仪表壳、接线板等;还可制作照明灯、高温透镜、视孔镜、防护玻璃等光学零件
6	聚甲醛 (POM)	综合性能好,比强度、比刚度接近金属;化学稳定性较好,但不耐酸	热稳定性差,易分解,流动性好,注射时速度要快,注射压力不宜过高,凝固速度快,不待完全硬化即可取件	<100	聚甲醛特别适用于制作轴承、凸轮、滚轮、滚子、齿轮等耐磨、传动零件,还可用于制造汽车仪表板、各种仪器外壳、罩盖、箱体、化工容器、泵叶轮、鼓风机叶片、配电盘、线圈座、各种输油管、塑料弹簧等



(续)

序号	塑料名称	性能特点	成型特点	使用温度/℃	主要用途
7	有机玻璃 (PMMA)	透光率最好,质轻、坚韧,电绝缘性好,表面硬度不高,质脆易裂开;化学稳定性较好,但不耐无机酸,易溶于有机溶剂	流动性差,易产生流痕、缩孔,易分解;透明性好,成型前要干燥,注射时速度不能太快	<80	透明塑件,如窗玻璃、光学镜片、灯罩等
8	聚酰胺 (PA)	拉伸强度、硬度、耐磨性、自润滑性突出,吸水性强;化学稳定性好,能溶于甲醛、苯酚、浓硫酸等	熔点高,成型前需预热;黏度低,流动性好,易产生溢流、飞边;熔融温度下较硬,易损坏模具,主流道及型腔易黏模	<100	广泛用于制作各种机械、化学和电气零件,如轴承、齿轮、滚子、辊轴、滑轮、泵叶轮、风扇叶片、蜗轮、高压密封扣圈、垫片、阀座、输油管、储油容器、绳索、传动带、电池箱、电器线圈等零件
9	聚氯乙烯 (PVC)	硬聚氯乙烯有较好的拉伸、抗弯、抗压和抗冲击性能,可单独用作结构材料	聚氯乙烯在成型温度下容易分解放出氯化氢。需加入稳定剂和润滑剂,并严格控制温度及熔体的滞留时间	-15~55	可用于防腐管道、管件、输油管、离心泵、鼓风机等。广泛用于化学工业上制作各种贮槽的衬里,建筑物的瓦楞板,门窗结构,墙壁装饰物等建筑用材。在电气、电子工业中,用于制造插座、插头、开关、电缆。日常生活中,用于制造凉鞋、雨衣、玩具、人造革等
10	聚苯醚 (PPO)	聚苯醚是呈琥珀色透明的热塑性工程塑料,硬而韧。硬度较尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯高。蠕变性能小,有较好的耐磨性能	流动性差,成型前应对塑料进行充分的干燥;宜采用高料温、高模温、高压、高速注射成型,保压及冷却时间不宜太长	-127~121,脆化温度 低达-170	用于制造在较高温度下工作的齿轮、轴承、运输机械零件、泵叶轮、鼓风机叶片、水泵零件、化工用管道及各种紧固件、连接件等。还可用于线圈架、高频印制电路板、电机转子、机壳及外科手术用具、食具等需要进行反复蒸煮消毒的器件

2. 热固性塑料

(1) 酚醛塑料 (PF)

1) 基本特性。酚醛塑料属于热固性塑料，它是以酚醛树脂为基础而制得的。酚醛树脂通常由酚类化合物和醛类化合物缩聚而成。酚醛树脂本身很脆，呈琥珀玻璃态，必须加入各种纤维或粉末状填料后才能获得具有一定性能要求的酚醛塑料。酚醛塑料大致可分为四类：①层压塑料；②压塑料；③纤维状压塑料；④碎屑状压塑料。

与一般热固性塑料相比，酚醛塑料刚性好，变形小，耐热、耐磨，能在 150~200℃ 的温度范围内长期使用，在水润滑条件下，有极低的摩擦因数，电绝缘性能优良。缺点是质脆，冲击强度低。

2) 主要用途。酚醛层压塑料用浸渍过酚醛树脂溶液的片状填料制成，可制成各种型材和板材。根据所用填料不同，有纸质、布质、木质、石棉布和玻璃布等各种层压塑料。布质及玻璃布酚醛层压塑料具有优良的力学性能、耐油性能和一定的介电性能，用于制造齿轮、轴瓦、导向轮、无声齿轮、轴承及用作电工结构材料和电气绝缘材料。木质酚醛层压塑料适

用于制造水润滑冷却下的轴承及齿轮等。石棉布酚醛层压塑料主要用于高温下工作的零件。

酚醛纤维状压塑料可以加热模压成各种复杂的机械零件和电器零件,具有优良的电气绝缘性能,耐热、耐水、耐磨。可制作各种线圈架、接线板、电动工具外壳、风扇叶轮、耐酸泵叶轮、齿轮、凸轮等。

3) 成型特点。成型性能好,特别适合于压缩成型;模温对流动性影响较大,一般当温度超过 160°C 时流动性迅速下降;硬化时放出大量的热,对于厚壁大型塑件,内部温度易过高,发生硬化不匀及过热现象。

(2) 氨基塑料 氨基塑料是由氨基化合物与醛类(主要是甲醛)经缩聚反应而制得的塑料,主要包括脲-甲醛、三聚氰胺-甲醛等。

1) 氨基塑料的基本特性及主要用途。

① 脲-甲醛塑料(UF)。脲-甲醛塑料是脲-甲醛树脂和漂白纸浆等制成的压塑粉。可染成各种鲜艳的色彩,外观光亮,部分透明,表面硬度较高,耐电弧性能好,耐矿物油、耐霉菌的作用好。但耐水性较差,在水中长期浸泡后电气绝缘性能下降。

脲-甲醛塑料大量用于压制日用品及电气照明用设备的零件、电话机、收录机、钟表外壳、开关插座及电气绝缘零件。

② 三聚氰胺-甲醛塑料(MF)。由三聚氰胺-甲醛树脂与石棉滑石粉等制成。三聚氰胺-甲醛塑料(密胺塑料)可制成具有各种色彩、耐光、耐电弧、无毒的塑件,在 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内性能变化小,耐沸水且耐茶、咖啡等污染性强的物质,能像陶瓷一样方便地去掉茶渍一类污染物,且有重量轻、不易碎的特点。

三聚氰胺-甲醛塑料主要用作餐具、航空茶杯及电器开关、灭弧罩及防爆电器的配件。

2) 氨基塑料的成型特点。氨基塑料常采用压缩、压注成型。压注成型收缩率大;含水分及挥发物多,使用前需预热干燥,且成型时有弱酸性分解物及水分析出,模具应镀铬防腐,并注意排气;氨基塑料成型时流动性好,硬化速度快,因此,预热及成型温度要适当,装料、合模及加工速度要快;带嵌件的塑件易产生应力集中,尺寸稳定性差。

(3) 环氧树脂(EP)

1) 基本特性。环氧树脂是含有环氧基的高分子化合物。未固化之前,是线型的热塑性树脂,只有在加入固化剂(如胺类和酸酐等)之后,才交联成不熔的体型结构的高聚物,才有作为塑料的实用价值。环氧树脂种类繁多,应用广泛,有许多优良的性能。其最突出的特点是黏结能力强,是人们熟悉的“万能胶”的主要成分。此外,还耐化学药品、耐热、电气绝缘性能良好、收缩率小,与酚醛树脂相比有较好的力学性能。其缺点是耐气候性差、耐冲击性低、质地脆。

2) 主要用途。环氧树脂可用作金属和非金属材料的黏合剂,用于封装各种电子元件。可用环氧树脂配以石英粉等浇铸各种模具。环氧树脂还可以作为各种产品的防腐涂料。

3) 成型特点。流动性好,硬化速度快;用于浇铸时,浇铸前应加脱模剂,因环氧树脂热刚性差,硬化收缩小,难于脱模;硬化时不析出任何副产物,成型时不需排气。

四、塑料成型的工艺特性

塑料的成型工艺特性是塑料在成型加工过程中表现出来的特有性质。模具设计者必须对塑料的成型工艺特性有充分的了解。下面就热塑性塑料与热固性塑料的工艺特性分别进行



讨论。

1. 热塑性塑料的工艺特性

(1) 收缩性 塑件从温度较高的模具中取出并冷却到室温后,其尺寸或体积会发生收缩变化,这种性质称为收缩性。收缩性的大小以单位长度塑件收缩量的百分数来表示,称为收缩率。由于成型模具与塑料的线膨胀系数不同,收缩率分为实际收缩率和计算收缩率两种,其计算公式为

$$S_s = \frac{a-b}{b} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$S_j = \frac{c-b}{b} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 S_s ——实际收缩率;

S_j ——计算收缩率;

a ——模具或塑件在成型温度下的尺寸;

b ——塑件在室温时的尺寸;

c ——模具在室温时的尺寸。

实际收缩率表示塑件实际所发生的收缩,因成型温度下的塑件尺寸不便测量,以及实际收缩率和计算收缩率相差很小,所以生产中常采用计算收缩率,但在大型、精密模具的成型零件尺寸计算时应采用实际收缩率。

引起塑件收缩的原因除了热胀冷缩、脱模时的弹性恢复及塑性变形外,还与注射成型时的许多工艺条件及模具因素有关。此外塑件脱模后残余应力的缓慢释放和必要的后处理工艺也会使塑件产生后收缩。影响塑件成型收缩的主要因素如下。

1) 塑料品种。塑料品种不同,其收缩率也各不相同。同种塑料由于其各种组分比例不同,相对分子质量大小不同,收缩率也不相同。例如,树脂的相对分子质量高,填料为有机材料,树脂含量较多,则塑料的收缩率就大。

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的大小都有很大的影响。一般来说,塑件的形状复杂、尺寸较小、壁薄、有嵌件、嵌件数量多且对称分布,其收缩率较小。

3) 模具结构。模具的分型面、浇口形式及尺寸等因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间。采用直浇口或大截面的浇口,可减小收缩,但各向异性大,沿料流方向收缩小,垂直于料流方向收缩大;反之,当浇口的厚度较小时,浇口部分会过早凝结硬化,型腔内的塑料收缩后得不到及时补充,收缩较大。点浇口凝封快,在制件条件允许的情况下,可设多点浇口,能有效地延长保压时间和增大型腔压力,使收缩率减小。

4) 成型工艺条件。模具温度高,熔体冷却慢,则密度高,收缩大。尤其对于结晶型塑料,因结晶度高,体积变化大,故收缩更大。模具温度分布与塑件内外冷却及密度均匀性也有关,直接影响各部位收缩率的大小及方向性。此外,成型压力及保压时间对收缩也有较大的影响,压力高、保压时间长时收缩小,但方向性大。注射压力高,熔体黏度小,层间切应力小,脱模后弹性恢复大,故收缩也可相应减小。料温高,则收缩大,但方向性小。因此在成型时调整模温、压力、注射速度及冷却时间等因素也可适当改变塑件的收缩情况。

由于影响塑件收缩率的因素很多,而且相当复杂,所以收缩率是在一定范围内变化的。

在模具设计时应根据以上因素综合考虑选取塑件的收缩率。

(2) 流动性 塑料在一定的温度、压力作用下, 充填模具型腔的能力, 称为塑料的流动性。塑料的流动性差, 就不容易充满型腔, 易产生缺料或熔接痕等缺陷, 因此需要较大的成型压力才能成型。相反, 塑料的流动性好, 可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好, 成型时会产生严重的溢边。

流动性的大小与塑料的分子结构有关。具有线型分子而没有或很少有交联结构的树脂流动性大。塑料中加入填料, 会降低树脂的流动性。例如, 加入增塑剂或润滑剂, 则可增加塑料的流动性。对于热塑性塑料, 常用熔融指数和螺旋线长度来表示其流动性。熔融指数采用如图 1-2 所示的熔融指数测定仪来测定。将被测塑料装入加热料筒中并加热, 在一定的温度和压力下, 测定塑料熔体在 10min 内从出料孔挤出的重量 (g)。该值称为熔融指数, 简称为 MI。熔融指数越大, 流动性越好。螺旋线长度试验法是将被测塑料在一定的温度与压力下注入如图 1-3 所示的标准螺旋流动试验模具内, 用其所能达到的流动长度 (图中所示数字单位为 cm) 来表示该塑料的流动性。流动长度越长, 流动性就越好。

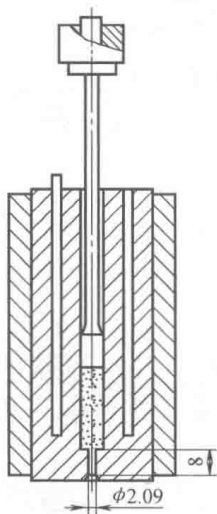


图 1-2 熔融指数测定仪结构示意图

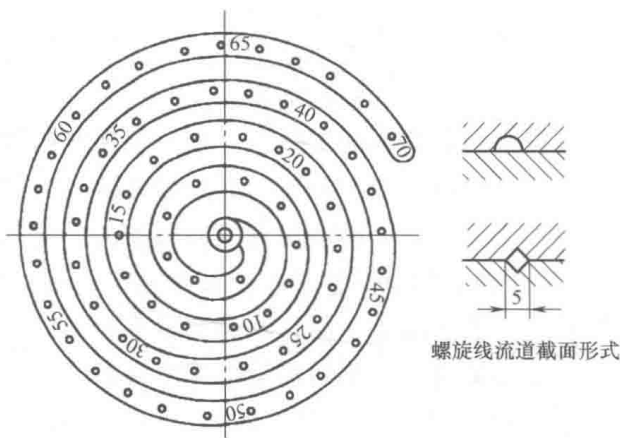


图 1-3 螺旋流动试验模具流道示意图

影响流动性的主要因素如下。

1) 温度。料温高, 则流动性大, 但不同塑料也各有差异。聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、有机玻璃、ABS、AS (丙烯腈-苯乙烯)、聚碳酸酯、醋酸纤维素等塑料的流动性随温度变化的影响较大; 而聚乙烯、聚甲醛的流动性受温度变化的影响较小。

2) 压力。注射压力增大, 则熔体受剪切作用大, 流动性也增大, 尤以聚乙烯、聚甲醛对压力较为敏感。

3) 模具结构。浇注系统的形式、尺寸、布置 (如型腔表面粗糙度、流道截面厚度、型腔形式、排气系统), 冷却系统的设计, 熔体的流动阻力等因素都直接影响熔体的流动性。凡促使料温降低、流动阻力增加的因素, 都会使流动性降低。

在常用的热塑性塑料中, 流动性好的有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、尼龙、醋酸纤维素等; 流动性中等的有改性聚苯乙烯、ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚醚等; 流动性差的有聚碳酸酯、硬质聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、氟塑料等。



(3) 相容性 相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料,在熔融状态不产生相分离现象的能力。如果两种塑料不相容,则混熔后塑件会出现分层、脱皮等表面缺陷。不同塑料的相容性与其分子结构有一定关系:分子结构相似者较易相容,如高压聚乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯彼此之间的混熔等;分子结构不同时较难相容,如聚乙烯和聚苯乙烯之间的混熔。

塑料的相容性又称为共混性。通过塑料的这一性质,可得到类似共聚物的综合性能,这是改进塑料性能的重要途径之一,如聚碳酸酯和 ABS 塑料相容,就能改善聚碳酸酯的工艺性能。

(4) 吸湿性 吸湿性是指塑料对水分的亲疏程度。按吸湿或黏附水分能力的大小,将塑料分为吸湿性塑料和不吸湿性塑料两大类。前一类具有吸湿或黏附水分倾向,如聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜等;后一类吸湿或黏附水分极小,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和氟塑料等。

很显然,吸湿性塑料在注射成型过程中比较容易发生水降解,成型后塑件上易出现气泡、银丝与斑纹等缺陷。因此,在成型前必须进行干燥处理,必要时还应在注射机料斗内设置红外线加热装置,以免干燥后的塑料进入机筒前在料斗中再次吸湿或粘水。

(5) 热敏性 热敏性是指塑料的化学性质对热作用的敏感程度,热敏性很强的塑料称为热敏性塑料。热敏性塑料在成型过程中很容易在不太高的温度下发生热分解、热降解,从而影响塑件的性能、色泽和表面质量等。另外,塑料熔体发生热分解或热降解时,会释放出一些挥发性气体,这些气体对人体、模具和注射机都有刺激、腐蚀作用或毒性。为了防止热敏性塑料在成型过程中出现热分解或热降解现象,应采取相应的措施,如选用螺杆式注射机,流道截面取大一些(避免过大的摩擦热);注射机筒内壁、流道和型腔表壁镀铬;熔体在模内流动时不得有死角和滞料现象;生产时严格控制成型工艺条件等。必要时还可在塑料中添加热稳定剂。常用的热敏性塑料有硬质聚氯乙烯、聚偏氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等。

2. 热固性塑料的工艺特性

(1) 收缩性 同热塑性塑料一样,热固性塑料经成型冷却后也会发生收缩,其收缩率的计算方法与热塑性塑料相同。产生收缩有以下主要原因。

1) 热收缩。热收缩是由于热胀冷缩而使塑件成型冷却后所产生的收缩。热收缩与模具的温度成正比,是成型收缩中主要的收缩因素之一。

2) 结构变化引起的收缩。热固性塑料在成型过程中发生了交联反应,分子由线型结构变为网状结构,分子链间距缩小,结构变得紧密,故产生了体积收缩。

3) 弹性恢复。塑件从模具中取出后,作用在塑件上的压力消失,由于弹性恢复,会造成塑件体积的负收缩(膨胀)。在成型以玻璃纤维和布质为填料的热固性塑料时,这种情况尤为明显。

4) 塑性变形。塑件脱模时,成型压力迅速降低,但模壁紧压着塑件的周围,使其产生塑性变形。发生变形部分的收缩率比没有发生变形部分的大,因此塑件往往在平行于加压方向的方向上收缩较小,而垂直于加压方向的方向上收缩较大。为防止两个方向的收缩率相差过大,可采用迅速脱模的办法补救。

与热塑性塑料相同,影响收缩率的因素有原材料、模具结构或成型方法及成型工艺条件等。塑料中树脂和填料的种类及含量,直接影响收缩率的大小。当所用树脂在固化反应中放出的低分子挥发物较多时,收缩率较大;放出的低分子挥发物较少时,收缩率较小。在同类

塑料中, 填料含量较多或填料中无机填料增多时, 收缩率较小。

凡有利于提高成型压力、增大塑料充模流动性、使塑件密实的模具结构, 均能减少塑件的收缩率, 如用压缩或压注成型的塑件比注射成型的塑件收缩率小。凡能使塑件密实、成型前使低分子挥发物溢出的工艺因素, 都能使塑件收缩率减少, 如成型前对酚醛塑料的预热、加压等。

(2) 流动性 热固性塑料的流动性通常以拉西格流动值来表示。图 1-4 所示为拉西格流动性测定示意图。将一定重量的待测塑料预压成圆锭, 再将圆锭放入压模中, 在一定的温度和压力下测定从模孔中挤出的物料长度 (毛糙部分不计在内), 此即拉西格流动值, 单位为 mm。数值大, 则流动性好。

每一品种塑料的流动性分为三个不同的等级。第一级的拉西格流动值为 100~130mm, 适用于压制无嵌件的、形状简单的一般厚度塑件。第二级的拉西格流动值为 131~150mm, 用于压制中等复杂程度的塑件。第三级的拉西格流动值为 151~180mm, 可用于压制结构复杂、型腔很深、嵌件较多的薄壁塑件, 或用于压注成型。

影响流动性的因素主要有塑料品种、模具结构和成型条件等。当然, 不同品种的塑料或同一品种不同组分及含量的塑料, 其流动性不同。模具成型表面光滑, 型腔形状简单, 采用不溢式压缩模等有利于改善流动性; 采用压锭及预热, 提高成型压力, 在低于塑料硬化温度的条件下提高成型温度等都能提高塑料的流动性。

(3) 比容和压缩率 比容是单位重量的松散塑料所占的体积, 单位为 cm^3/g ; 压缩率是塑料的体积与塑件的体积之比, 其值恒大于 1。比容和压缩率都表示粉状或短纤维状塑料的松散性, 它们都可用来确定模具加料室的大小。此外, 比容和压缩率较大时, 塑料内充气增多, 排气困难, 成型周期变长, 生产率降低; 比容和压缩率较小时, 压锭和压缩、压注容易, 而且压锭重量也较准确。但是, 比容太小时, 则影响塑料的松散性, 以容积法装料时易造成塑件重量不准确。

(4) 硬化速度 硬化是指塑料成型时完成交联反应的过程。硬化速度通常以塑料试样硬化每 1mm 厚度所需的秒数来表示, 此值越小, 硬化速度越快。硬化速度与塑料品种、塑件的形状与壁厚、成型温度及是否预热、预压等有密切关系。例如采用压锭、预热、提高成型温度、增加加压时间, 都能显著加快硬化速度。此外, 硬化速度还应符合成型方法的要求。例如压注或注射成型时, 要求在塑化、填充时化学反应慢, 硬化慢, 以保持长时间的流动状态, 但当原料充满型腔后, 在高温、高压下应快速硬化。硬化速度慢的塑料, 会使成型周期变长, 生产率降低; 硬化速度快的塑料, 则不能成型复杂的塑件。

(5) 水分及挥发物含量 塑料中的水分及挥发物, 一方面来自塑料自身, 另一方面来自压缩或压注过程中化学反应的副产物。

塑料中水分及挥发物的含量, 对塑件的物理、力学和介电性能都有很大的影响。塑料中水分及挥发物含量大时, 塑件易产生气泡、内应力和塑性变形, 机械强度降低。压制时, 由于温度和压力的作用, 大多数水分及挥发物逸出, 但尚未逸出时, 它占据着一定的体积, 严重地阻碍化学反应的有效发生, 当塑件冷却后, 则会造成组织疏松。在逸出过程中, 挥发物气体又像一把利剑割裂塑件一样, 使塑件产生龟裂, 降低机械强度和介电性能。此外, 水分

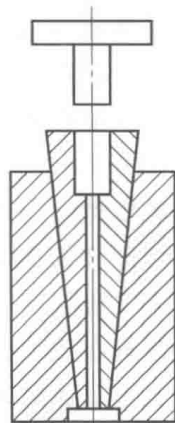


图 1-4 拉西格流动性测定示意图