

国家示范性高职院校建设项目成果



模具设计与制造专业领域

塑料模具设计与制作

SULIAO MUJU SHEJI YU ZHIZUO

■ 郭新玲 董海东 编著

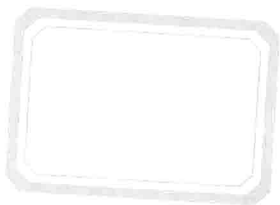


赠电子课件、习题解答及模拟试卷

赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



家示范性高职院校建设项目成果
模具设计与制造专业领域

塑料模具设计与制作

郭新玲 董海东 编著



机械工业出版社

本书以塑料注射模具设计为重点,按模具专业毕业生三大主要就业岗位(车间工艺员、注射模具设计员和其他塑料成型工作岗位)来设计学习情境(任务),序化教学内容,构建以能力为本位,以行动为导向,工学结合、“教、学、做”合一的任务引领型课程体系。

全书共三大项目,包括10个学习情境,即10个学习性工作任务,在重点完成注射模具设计与制作的基础上,考虑学生可持续发展,也有选择地实施了压缩模具(或压注模具)、挤出模具、气动成型模具,以及塑料注射成型新工艺等相关学习任务。

本书主要面向高职高专院校模具设计与制造专业,也可用于高职高专机械类相关专业,同时还可作为职工大学及函授大学模具专业教材。

本书配有电子课件,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 <http://www.cmpedu.com> 注册后下载,咨询信箱: cmpedug-aozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具设计与制作/郭新玲,董海东编著. —北京:机械工业出版社, 2012.9

国家示范性高职院校建设项目成果. 模具设计与制造专业领域
ISBN 978-7-111-34629-6

I. ①塑… II. ①郭… ②董… III. ①塑料模具—设计—高等职业教育—教材 ②塑料模具—制作工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第157801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:王海峰 于奇慧 责任编辑:王海峰 于奇慧

版式设计:纪敬 责任校对:陈延翔

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·373千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34629-6

定价:30.00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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点。为贯彻教育部教学改革的重要精神，同时也为了配合职业院校教学改革和教材建设，更好地为职业院校深化改革服务，陕西工业职业技术学院与行业、企业合作开发课程。根据技术领域和职业岗位（群）的任职要求，参照相关的职业资格标准，改革课程体系和教学内容，设计了模具设计与制造专业基于工学结合的人才培养方案，开发了以项目任务驱动和基于工作过程导向的课程体系，该课程体系包含“塑料模具设计与制作”、“冲压模具生产技术”、“模具制作与装配技术”三门核心课程及配套教材。

本套教材是国家示范性高职院校建设项目成果之一，是在“工学六融合”人才培养模式的不断实践和完善中探索形成的基于工作过程、工学结合、注重实用的特色教材，充分体现以学生学习为主，教师教学为辅的“教、学、做”一体化的教学模式和“项目导向”的教学方案设计，体现职业院校“以就业为导向”的办学宗旨。在教材的编写过程中，力求体现当前职业教育改革的成果，吸取近年来模具专业教学改革的经验。

本书在工厂调研和毕业生跟踪调查的基础上，基于模具专业毕业生主要工作岗位职业标准要求，分析凝练典型工作任务，构建学习领域。编写时采用“361”设计思路，“361”即通过3大项目，生产6个塑料件，培养1个核心能力（注射模具设计）。教材内容的组织与安排遵循学生职业能力培养的基本规律，循序渐进，以真实生产的塑料制品为载体，构建由单一到综合、由简单到复杂的学习性工作任务；并按照工作任务所需整合和序化教学内容，使理论与实践一体，使教学、实训一体，实训过程工作化，实训作品产品化。

“361”课程设计思路的总体框架见下表：

教学项目	学习情境（任务）		载 体	学习成果	备 注
注射成型工艺的编制（入门项目）	1. 有样品注射成型工艺的编制		导向筒	工艺卡	必选
	2. 有图样注射成型工艺的编制		支架或罩盖		必选
注射模具设计与制作（主导项目）	3. 二板式注射模具设计与制作（单或多型腔）		衣架或钥匙扣	实训产品	必选
	4. 三板式注射模具设计与制作（多或单型腔）		瓶盖或口杯		必选
	5. 侧抽芯机构注射模具设计与制作		瓶坯		必选
	6. 螺纹塑件注射模具设计与制作		瓶盖		必选
其他塑料模具设计（自主项目）	7.	压缩模具结构设计	框架	装配图	选修
		压注模具结构设计	罩壳		
	8. 挤出模具结构设计		塑料管	实训产品	
	9. 中空吹塑模具结构设计		中空杯		
	10.	无流道凝料注射模具结构分析	透明罩子	分析报告	
		双色注射模具结构分析	双色按键		

本书项目1、项目2中的任务2和任务4、项目3由陕西工业职业技术学院郭新玲编著，项目2中的任务1和任务3由陕西工业职业技术学院董海东编著。全书由郭新玲统稿。

本书在编写过程中得到了许多兄弟院校老师的支持和帮助，也得到了陕西群力电工有限责任公司工模具分公司潘晓析高级工程师、陕西华星工模具有限公司王建义总工程师和咸阳彩虹集团王峰高级工程师、陈向魁工程师等生产单位技术人员的支持和帮助，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。

本书为高职高专院校模具设计与制造专业教材，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员使用和参考。

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

目 录

前言

项目1 注射成型工艺的编制 1

任务1 有样品注射成型工艺的编制 1

【知识准备】 2

一、塑料概述 2

二、塑料成型工艺特性 4

三、塑料注射成型工艺过程 6

四、注射成型工艺参数 8

【任务实施】 10

【完成学习工作页】 13

【知识拓展】 14

常用热塑性塑料的基本性能与用途 14

【小贴士】 15

【教学评价】 16

任务2 有图样注射成型工艺的编制 17

【知识准备】 18

一、塑件的尺寸精度和表面质量 18

二、塑件的结构设计 19

【任务实施】 26

【完成学习工作页】 29

【知识拓展】 30

常见热塑性塑料注射成型产生的缺陷及其

采取的对策 30

【小贴士】 33

【教学评价】 36

【学后感言】 40

【思考与练习】 40

项目2 注射模具设计与制作 41

任务1 二板式注射模具设计与制作 42

【知识准备】 44

一、注射模具的结构组成 44

二、注射模具的分类 46

三、注射机与模具 46

四、二板式注射模具的典型结构 52

五、二板式注射模具设计 52

【任务实施】 79

【完成学习工作页】 86

【知识拓展】 87

一、侧浇口的变异形式 87

二、直浇口的变异形式 89

【小贴士】 89

【教学评价】 90

任务2 三板式注射模具设计与制作 91

【知识准备】 93

一、三板式注射模具的典型结构 93

二、三板式注射模具设计 95

【任务实施】 104

【完成学习工作页】 107

【知识拓展】 108

一、点浇口的变异形式 108

二、护耳浇口 109

【小贴士】 109

【教学评价】 109

任务3 侧抽芯机构注射模具设计与制作 111

【知识准备】 112

一、侧抽芯机构注射模具的典型结构 112

二、抽芯距和抽芯力的计算 115

三、侧抽芯机构注射模具设计 115

【任务实施】 124

【完成学习工作页】 133

【知识拓展】 134

一、模具加热系统的设计 134

二、先复位机构 134

【小贴士】 136

【教学评价】 136

任务4 螺纹塑件注射模具设计与制作 138

【知识准备】 138

一、推出系统的设计 138

二、螺纹塑件的脱模方式 141

【任务实施】 144

【完成学习工作页】 154

【知识拓展】 155

一、二次(级)推出机构 155

二、双推出机构 157

【小贴士】	158	任务3 中空吹塑模具结构设计	205
【教学评价】	158	【知识准备】	205
【学后感言】	162	一、中空吹塑成型	205
【思考与练习】	162	二、中空吹塑成型模具设计	208
项目3 其他塑料模具设计	166	【任务实施】	210
任务1 压缩模具结构设计	166	【完成学习工作页】	212
【知识准备】	167	【知识拓展】	212
一、热固性塑料压缩成型工艺	167	一、真空成型	212
二、热固性塑料压缩模具设计	169	二、压缩空气成型	214
【任务实施】	181	【小贴士】	215
【完成学习工作页】	185	【教学评价】	216
【知识拓展】	186	任务4 无流道凝料注射模具结构分析	218
热固性塑料压注成型模具	186	【知识准备】	218
【小贴士】	190	一、无流道凝料注射成型的特点	218
【教学评价】	190	二、绝热流道注射模	219
任务2 挤出模具结构设计	191	三、加热流道注射模	221
【知识准备】	192	【任务实施】	223
一、挤出成型工艺	192	【完成学习工作页】	226
二、挤出模具设计	193	【知识拓展】	227
【任务实施】	198	一、双色注射成型	227
【完成学习工作页】	201	二、气体辅助注射成型	228
【知识拓展】	201	【小贴士】	230
一、吹塑薄膜挤出成型	201	【教学评价】	230
二、吹塑薄膜挤出成型机头结构形式	202	【学后感言】	234
【小贴士】	203	【思考与练习】	234
【教学评价】	203	参考文献	235

项目 1 注射成型工艺的编制

知识目标与技能目标

本项目内容包含塑料的组成、类型、特点及性能；塑料制品（塑件）的结构设计；塑料注射成型工艺等内容。通过有样品和有图样两类产品注射成型工艺的分析，使学生能够根据塑件的使用要求，合理选择塑件材料，正确设计塑件结构，具备编制不同塑件注射成型工艺卡的能力。

【学习目标】

知识目标

1. 掌握塑料的组成、类型、特点和塑件的结构工艺性设计。
2. 理解注射成型工艺过程。
3. 了解常用塑料的主要性能和用途。

技能目标

1. 通过分析塑件的工艺性，会修改不合理的塑件结构。
2. 通过对塑件用途和使用要求的分析，能合理选择塑件的材料，能正确编制塑件注射成型工艺卡。

【工作任务】

任务 1 有样品注射成型工艺的编制

给出塑件样品，根据塑件要求，合理选择塑件原料，确定注射成型工艺。

任务 2 有图样注射成型工艺的编制

给出塑件图，通过分析能进行塑件结构设计，能编制注射成型工艺卡。

任务 1 有样品注射成型工艺的编制

给出塑料制品的实物样品，通过分析该塑件的用途和使用要求，合理选择塑件原料，确定注射成型工艺，使学生具备绘制塑件图和编制工艺卡的能力。

如图 1-1 所示导向筒样品，为某双筒望远镜上的一个调节外观件，表面要求较高，不允许有飞边、凹陷、花纹、气泡等缺陷存在。要求选择该塑件的材料，并分析原材料的性能；编制该塑件的注射成型工艺卡。



图 1-1 导向筒样品

【知识准备】

一、塑料概述

1. 塑料的定义及组成

塑料是一种以树脂为主体的高分子材料，在加热、加压等条件下具有可塑性，在常温下为柔韧的固体。由于树脂的相对分子质量很大，故又称为聚合物或高聚物。单纯的聚合物性能往往不能满足加工成型和实际使用的要求，因此根据需要，可适当地加入添加剂（增塑剂、增强剂、填料等）。即塑料是以合成树脂为主要成分，加入一定量的添加剂组成的在一定温度、压力下可塑制成具有一定结构形状，能在常温下保持其形状不变的材料。其主要成分有：

（1）合成树脂 合成树脂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）的成分用化学方法人工制取得到的。它是塑料的基本成分，决定了塑料的基本性能，并将塑料中的其他成分粘合为一个整体，使其具有一定的物理力学性能。

（2）填充剂（又称填料） 为了降低塑料的成本，改善加工性能和使用性能，在合成树脂中所加入的材料，称为填充剂，也称填料。填充剂可以改善塑料的硬度、刚度、冲击强度、电绝缘性、耐热性、成型收缩率等。常用的填充剂有木粉、石棉、玻璃纤维等。

（3）增塑剂 为了增加塑料的柔韧性，改善流动性，在聚合物中加入液态或低熔点的固态有机化合物，即为增塑剂。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，只有软质聚氯乙烯含有大量的增塑剂，其增塑剂的质量分数达 80% 以上。常用的增塑剂有甲酸酯类、磷酸酯类、邻苯二甲酸酯等。

（4）增强剂 增强剂用于改善塑料制件的力学性能。但增强剂的使用会造成流动性下降，恶化成型加工性，降低模具的寿命，且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。

（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。

（7）着色剂 合成树脂的本色大多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。常用的着色剂有有机颜料和矿物颜料两类。

(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,这类添加剂称为固化剂或交联剂。

2. 塑料的特点及用途

(1) 塑料的优点

1) 密度小,质量轻。塑料的密度一般在 $0.9 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ 范围内,约为铝的 $1/2$ 、铜的 $1/6$ 。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。塑料的强度和刚度虽然不如金属好,但塑料的密度小,所以其比强度(σ/ρ)和比刚度(E/ρ)相当高。如玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的比强度和比刚度比钢材高。塑料的这一特点主要用于工程机械中负载较大的结构零件。

3) 绝缘性能好,介电损耗低。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。

4) 化学稳定性高。多数塑料对酸、碱和许多化学药品都具有良好的耐蚀能力。俗称“塑料王”的聚四氟乙烯的化学稳定性最高,能耐“王水”等极强腐蚀性电解质的侵蚀,因此在化学工业中被广泛用来做各种管道、密封件和换热器等。

5) 减振消声性能好。塑料具有良好的吸振、减振和消声性能。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,可在各种液体(水、油和腐蚀介质)、半干和干摩擦下有效地工作,可以制造塑料齿轮、轴承和密封圈等机械零件。

(2) 塑料的缺点 塑料虽然具有以上诸多优点和用途,但与金属材料相比,还存在一些不足之处。例如,大部分塑料耐热性差,热膨胀系数大,易燃烧,容易在阳光、大气、压力和某些介质作用下老化,低温变脆等,且某些塑料还易溶于溶剂。这些缺点的存在,严重地影响了塑料应用范围的进一步扩大,使得塑料制品在许多领域还不能从根本上取代金属制品。

3. 塑料的分类

塑料的品种繁多,按其分子结构及成型特性可分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料为线型或带有支链线型结构的聚合物,在一定的温度下受热变软,成为可流动的熔体。在此状态下具有可塑性,可塑成型制品,冷却后保持既得的形状;如再加热,又可变软而塑制成另一形状,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、聚碳酸酯等塑料均属此类。

热固性塑料为体型网状结构的聚合物,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,但当继续加热使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发生物理变化,又发生化学变化,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、脲甲醛、三聚氰胺甲醛等塑料均属此类。

线型、支链线型和体型(网状结构)的聚合物如图1-2所示。

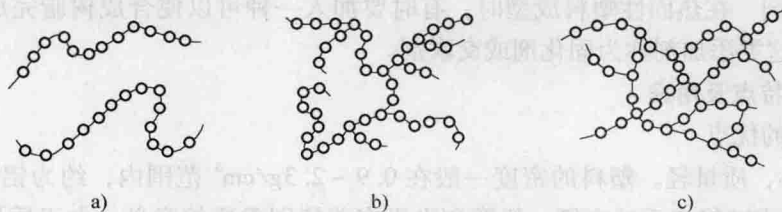


图 1-2 聚合物分子链结构示意图

a) 线型 b) 支链线型 c) 体型

二、塑料成型工艺特性

1. 收缩性

(1) 收缩的形式 塑件从模具中取出冷却到室温后尺寸发生缩小变化的特性称为收缩性。收缩有以下几种形式：

1) 线尺寸收缩。塑料的膨胀系数比钢大，塑件的冷却收缩比模具大，故塑件尺寸比模具型腔相应尺寸小。

2) 方向性收缩。成型时，由于高分子取向使塑件呈现各向异性，即沿料流方向收缩大，强度高；与料流垂直方向则收缩小，强度低。另外，成型时由于塑件各部分材质的密度及填料分布不均，故收缩也不均匀。

3) 后收缩。在成型过程中，受到各种成型因素的影响，塑件内存在残余应力，塑件脱模后，残余应力发生变化，使塑件发生再收缩。一般塑件脱模后要经过 24h，其尺寸才基本稳定。

4) 处理后收缩。有时塑件按其性能和工艺要求，在成型后需要进行热处理，处理后也会导致塑件尺寸发生变化，这种处理后发生的变化，称为处理后收缩。

(2) 影响收缩率的因素 衡量塑件收缩程度大小的参数称为收缩率。影响成型时收缩率波动的因素主要有以下几个方面：

1) 塑料品种。各种塑料都具有各自的收缩，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。一般来说，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) 塑件结构。塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及其分布等都对塑料的成型收缩率以及塑件不同部位的收缩率产生较大的影响。如塑件形状复杂、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，熔体被压实的程度越大，制品密度越高且制品脱模后的弹性恢复越大，从而成型收缩率越小。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，熔体黏度降低，压力传递效果好，有利于型腔内熔体的压实，从而收缩率降低。一般对于黏度对温度不敏感的塑料，料温升高，其成型收缩率增大；对于黏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. 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。

塑料的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；加入增塑剂、润滑剂可以提高流动性。

塑料流动性的好坏，直接影响塑件的结构设计、成型工艺与成型模具的设计。流动性过高，易导致溢料、流延、填充不实、塑件组织疏松、易粘模等。流动性偏低，则易造成填充不足、缺料、成型压力大、不易成型。

影响塑料流动性的因素主要有以下几方面：

(1) 塑料的品种 塑料的品种不同，其流动性也不同。一般可将热塑性塑料的流动性分为三类：

1) 流动性好。如尼龙、聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)、聚丙烯(PP)、醋酸纤维素(CA)等。

2) 流动性中等。如ABS、有机玻璃(PMMA)、聚甲醛(POM)、聚氯醚等。

3) 流动性差。如聚碳酸酯(PC)、硬聚氯乙烯(PVC)、聚苯醚(PPO)、聚砜(PSF)、氟塑料等。

(2) 成型工艺

1) 熔体温度。温度越高，则塑料熔体流动性越好。但不同塑料也各有差异，如聚苯乙烯、聚丙烯、ABS等塑料的流动性随料温的升高而显著地增加；而聚乙烯、聚甲醛的流动性受温度影响不大。

2) 压力。注射压力增大，熔体所受的剪切作用增强，熔体流动的剪切应力与剪切速率增大，流动性增大。

(3) 模具结构 浇注系统和模腔的几何形状、尺寸及其表壁的表面粗糙度，排气系统的设计，温度控制系统的设计等模具结构方面的因素，都将对熔体充模带来影响。凡是促使熔体温度降低、流动阻力增加的因素，都会使流动性降低。

3. 相容性

塑料的相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料，在熔融状态下产生相分离现象的能力，也称为共混性。如果两种塑料不相容，则混熔时塑件会出现分层、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，如聚乙烯、聚丙烯间的共混；分子结构不同时较难相容，如聚乙烯与聚苯乙烯间的共混。

4. 结晶性

聚合物的结晶是指某些线型聚合物熔体在冷凝过程中，树脂分子的排列由非晶态转变为晶态的过程，也就是出现聚合物的分子链结构按规则排列的过程。在成型过程中，根据塑料

冷凝时是否具有结晶特性,可将塑料分为结晶型塑料与非结晶型塑料(无定型塑料)两种。结晶型塑料有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚四氟乙烯(PTFE)、尼龙(PA)等;非结晶型塑料有聚苯乙烯(PS)、ABS、有机玻璃(PMMA)、聚砜(PSF)、聚碳酸酯(PC)等。一般来讲,结晶型塑料是不透明或半透明的,而非结晶型塑料是透明的。但也有特殊情况,如ABS为非结晶型塑料,却不透明。

5. 热敏性

热敏性是指某些热稳定性差的热塑性塑料,在成型时由于料温高和受热时间过长而发生变色、降解、分解的特性,具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯、尼龙等。

热敏性塑料分解的产物中,有的对人体、模具、设备有刺激、腐蚀甚至毒害作用;有的分解产物还会作为催化剂进一步促使该塑料的继续分解。为了改善热敏性塑料的成型特性,可在塑料中加入热稳定剂,合理地选择设备,严格控制成型工艺温度和周期,及时清理分解产物和滞料,模具型腔表面镀铬等。

6. 水敏性

水敏性是指高温下塑料对水降解的敏感性。典型水敏性塑料有聚碳酸酯、聚酰胺、聚甲基丙烯酸甲酯、聚砜和ABS等。另一类是既不吸湿也不易粘附水分的塑料,如聚乙烯、聚丙烯和聚甲醛等。凡是吸湿或粘附水分的塑料,当水分含量超过一定的限度时,则由于在成型过程中,水分在注射机的高温料筒中变成气体,会促使塑料高温水解,从而导致材料降解,成型后塑件出现气泡、银丝与斑纹等缺陷,因此,在成型前必须对它们进行干燥、去除水分,以保证成型加工的顺利进行。通常水分含量应控制在0.4%(质量分数)以下。

三、塑料注射成型工艺过程

注射成型是在金属压铸法的基础上发展起来的一种成型方法,由于它与医用注射器工作原理基本相似,所以称它为注射成型。这种方法主要用来成型热塑性塑料,近年来,某些热固性塑料也可以采用此法成型。

1. 成型前的准备

为了确保注射成型过程的顺利进行并保证塑件质量,在成型前应作好以下准备工作:

(1) 原材料的检验与预处理

1) 原材料的检验。原材料的检验包括三个方面:一是所用原材料是否正确(品种、规格、牌号等);二是外观检验(色泽、颗粒度及其均匀性、有无杂质等);三是物理工艺性能检验(熔体流动性、收缩率等)。

2) 原材料的预处理。若原料是粉料,则有时还需进行混炼、造粒;如果塑件有着色要求,则还要对原料进行染色;另外,为确保塑料在高温下不会因水分及其他易挥发的低分子化合物的存在而产生降解及斑纹、气泡等缺陷,还应在成型前对吸湿性塑料(如PA、PC、PSU等)和对水有粘附性的塑料(如ABS等)进行干燥处理。

(2) 料筒的清洗 在生产过程中需要更换原料、调换颜色或发现塑料中有分解现象时,都应对注射机料筒进行清洗或拆换。螺杆式注射机料筒可直接换料清洗,通过连续对空注射,直至排尽筒内残料;对于柱塞式注射机料筒,因料筒内残料量大且有分流梭,清洗较为困难,必须拆卸清洗或更换专用料筒。

(3) 加料 加料是指塑料原料由注射机料斗落入到料筒或加料室内的过程。通常小型注射机的加料装置是一个锥形料斗, 直接与料筒相连, 而对于大型注射机、精密注射机, 在料斗与料筒之间还设计有计量器, 在一定时间内定量地将塑料加到料筒中, 以保证操作稳定, 塑料塑化均匀, 最终获得良好的制品。若加料过多, 受热的时间过长, 则容易引起物料的热降解, 同时注射机功率损耗增多; 加料过少, 则料筒内缺少传压介质, 型腔中塑料熔体压力降低, 难以补塑, 容易使塑件出现收缩、凹陷、空洞及机械强度低等缺陷。

2. 注射过程

塑料在注射机料筒内经过加热、塑化(指塑料在料筒内加热由固体颗粒转变成粘流态, 并具有良好可塑性的全过程)达到流动状态后, 由模具的浇注系统进入模具型腔, 其过程可以分为充模、保压、倒流、冷却定型、脱模等几个阶段。

(1) 充模 将塑化好的塑料熔体在柱塞或螺杆的推挤下, 经注射机喷嘴及模具浇注系统而注入模具型腔并充满型腔, 这一阶段称为充模。

(2) 保压 保压是自熔体充满模具型腔起到柱塞或螺杆开始回退为止的这一阶段的施压过程。其目的除了防止模内熔体倒流外, 更重要的是确保模内熔体冷却收缩时继续保持施压状态, 以得到有效的熔料补充, 确保所得制品形状完整而致密。

(3) 倒流 如果在保压结束柱塞或螺杆开始后退时, 浇口处熔料还未冻结, 则会因型腔内压力高于流道内压力而发生腔内熔体的倒流现象。倒流将一直持续到浇口冻结或浇口两侧压力相等为止。如果在保压结束时浇口已冻结, 则倒流现象不会出现。

(4) 冷却定型 即浇口冻结后, 通过冷却介质对模具的进一步冷却, 使模内塑件的温度低于该塑料的热变形温度, 达到工艺所要求的脱模温度。实际上冷却过程从塑料注入型腔起就开始了, 它包括从充模完成、保压到脱模前的这一段时间。

(5) 脱模 即当塑件在模内冷却到一定温度以后, 在注射机开合模机构的作用下开启模具, 并在模具推出机构作用下将塑件从模具中推出。

3. 塑件的后处理

塑件脱模后, 通常还需进行适当的后处理, 以消除塑件内存在的内应力, 改善塑件的性能, 提高塑件的尺寸稳定性。后处理的方法主要是指退火和调湿处理。

(1) 退火处理 退火处理是将塑件放在定温的加热液体介质(如水、热矿物油、甘油、乙二醇等)或热空气循环箱中静置一段时间, 然后缓慢冷却的过程。其目的是减小由于塑化不均或塑件在型腔中冷却不均而带来的塑件内应力。存在内应力的塑件在贮存和使用过程中常会发生力学性能下降、表面出现裂纹, 甚至产生变形而开裂等现象。

退火温度应控制在塑件使用温度以上 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$, 或者控制在塑料的热变形温度以下 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。温度过高会使塑件发生翘曲或变形; 温度过低又达不到目的。退火时间取决于塑料品种、介质温度、塑件的形状、尺寸及其成型条件等。退火处理后冷却速度不能太快, 以避免重新产生内应力。退火后应使塑件缓冷至室温。

(2) 调湿处理 调湿处理是指将刚脱模的塑件放在沸水或醋酸钾水溶液(其沸点为 121°C)中, 在隔绝空气防止氧化的条件下, 加快塑料的吸湿平衡, 以尽快稳定塑件的颜色、性能及其形状、尺寸的处理过程。在调湿处理过程中, 还可消除残余应力; 适量的水分还可起到类似增塑的作用, 从而改善塑件的柔韧性, 使冲击强度和拉伸强度有所增加。

调湿处理的温度一般为 $100 \sim 120^{\circ}\text{C}$, 处理时间主要取决于塑件的壁厚。通常聚酰胺类

塑件需进行调湿处理。

四、注射成型工艺参数

在注射成型工艺中,主要参数有温度、压力和成型周期。

1. 温度

在注射成型过程中,需要控制的温度主要有料筒温度、喷嘴温度和模具温度。前两种温度主要是影响塑料的塑化与流动,后一种温度主要影响塑料的流动与冷却定型。

(1) 料筒温度 T_f 料筒温度是保证塑化质量的关键工艺参数之一。合理的料筒温度应保证塑料塑化良好,能顺利实现注射而又不引起塑料分解。确定料筒温度时应考虑的因素主要有塑料的热性能、塑料对温度的敏感性、注射机类型、塑件的壁厚及形状尺寸、模具结构等。

根据塑料的热性能,应将料筒温度控制在塑料的流动温度 T_f (或熔点温度 T_m) 与热分解温度 T_d 之间。螺杆式注射机由于有螺杆转动的搅拌作用,传热效率高且有摩擦热产生,而柱塞式注射机仅靠料筒壁和分流梭表面向塑料传热,传热效率低,故前者应比后者的料筒温度低 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 。

对于热敏性塑料(如PVC、POM等),料筒温度过高,时间过长,塑料的热氧化降解量就会变大,因此,除严格控制料筒的最高温度外,同时还应严格控制塑料在料筒中的停留时间。

塑件结构复杂、壁薄、尺寸较大时,熔体注射的阻力大,冷却快,料筒温度宜取高些;相反,注射壁厚塑件时,料筒温度可降低些。

料筒温度的分布,一般是从料斗一侧至喷嘴逐步升高,对含湿度较大的塑料,可适当提高料筒靠料斗侧的温度,以利于排出水气;若采用螺杆式注射机,由于其剪切摩擦热有助于塑料塑化,故料筒前端温度可略低些,以防止塑料的过热分解。

料筒温度的选择还应考虑注射机的注射压力,若选用较低的注射压力,为保证塑料流动,应适当提高料筒温度;反之,料筒温度偏低时就需要较高的注射压力。一般在成型前可通过“对空注射法”或“塑件的直观分析法”来确定最佳的料筒及喷嘴温度。

(2) 喷嘴温度 T_n 喷嘴温度一般应略低于料筒前端的温度,这是因为采用直通式喷嘴或喷嘴温度太高时易发生流涎现象;另外,注射时熔料高速通过喷嘴产生的摩擦热会使熔体温度升高。但喷嘴温度也不能过低,否则喷嘴中的过冷料会堵塞喷嘴孔及模具的浇注系统(特别是浇口);若过冷料进入模具型腔,也将直接影响塑件的质量。

(3) 模具温度 T_m 模具温度通常由冷却介质(常用水)的温度与流量来控制,也有的靠熔体注入模具时的自然升温与自然散热达到平衡而保持一定的模温。无论采用什么方法使模具定温,对热塑性塑料而言,模温都应低于塑料的玻璃化温度或热变形温度,这样才能使塑料熔体在模具内得以冷却定型,并实现顺利脱模。

通常,在保证熔体能顺利充满型腔的前提下,应采用较低的模温以缩短冷凝时间,提高生产效率。对熔体充填型腔难度大的情况,如熔体黏度高、塑件壁薄、型腔复杂、流程长等,应采用较高的模温,以保证型腔能被充满。对于厚壁塑件,由于塑料的传热效率低,宜采用较高模温,降低冷却速率,以减小塑件壁厚方向的温度场梯度,防止塑件内部产生凹陷、气泡和较大的内应力。对要求分子定向低的塑件,应采用较高模温,以使取向分子在热

运动的作用下有效松弛,减少取向分子。

对于聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜等塑料,熔融黏度高,必须采取较高的模温(对于聚碳酸酯,模温为 90°C ;聚苯醚,模温为 $110\sim 130^{\circ}\text{C}$;聚砜,模温为 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$)。对于聚乙烯、醋酸纤维素等塑料,其熔融黏度较低,模具的温度可低些。

2. 压力

注射成型工艺过程中的压力,包括塑化压力和注射压力。塑化压力的大小影响着塑料在料筒内的塑化质量和塑化能力;注射压力的大小与注射速率相辅相成,对塑料熔体的流动充模起决定性作用。

(1) 塑化压力 塑化压力又称背压,是指螺杆式注射机在预塑物料时,螺杆前端塑化室内的熔体对螺杆所产生的反压力。该压力的大小可通过注射机液压系统中的溢流阀来调整。

在注射成型过程中,塑化压力大小的选择随螺杆结构、塑料品种、塑化质量等的不同而不同。塑化压力增大,塑化室内的熔体反作用压力增大,从而塑化时的剪切作用增强,摩擦热增多,熔体温度升高,物料能更好地混匀,熔体的温差缩小,同时也有利于物料中气体的排除并提高熔体的密度。但背压增加会增大熔体在螺槽中的逆流和在料筒与螺杆间的漏流,从而使塑化速率下降、成型周期延长,甚至导致塑料降解。这种现象对黏度低的塑料和热敏性塑料尤其应引起注意,如尼龙、聚氯乙烯、聚甲醛等。通常,塑化压力的确定应在保证塑化质量的前提下越低越好,一般很少超过 6MPa 。

(2) 注射压力 注射压力是指注射机注射时,柱塞或螺杆头部对塑料熔体所施加的压力。在注射机上常用表压指示注射压力的大小,一般在 $40\sim 130\text{MPa}$ 之间。其作用是克服塑料熔体从料筒流向型腔的流动阻力,确保熔体以一定的充模速率充填模具型腔并得以压实。

注射压力的大小取决于塑料的品种及塑化质量、注射机类型、浇注系统的结构、塑件的壁厚及尺寸等。

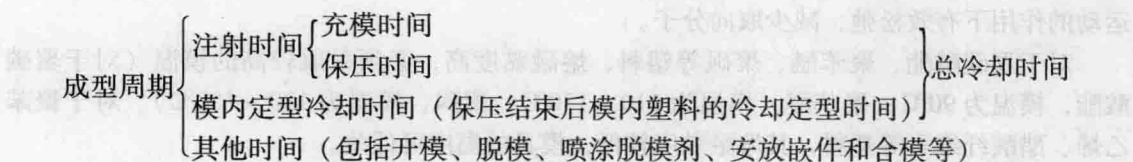
通常,对于流动充型能力差的塑料,如高黏度塑料、带玻璃纤维增强的塑料等,采用较高的注射压力;对于尺寸较大、形状复杂、壁薄的塑件或精度要求较高的塑件,应采用较高的注射压力;当模具温度偏低时,也应采用较高的注射压力;柱塞式注射机所采用的注射压力应比螺杆式注射机的注射压力高。

注射成型时,注射速度直接与注射压力有关,高压注射时注射速度高,低压注射时注射速度低。注射速度的大小对熔体的流动、充模及塑件质量也有直接的影响。注射速度过大时,容易使熔体从浇口流出时产生喷射和弹性湍流,导致塑件质量变差,排气不良,形成高压高温气团,使熔体流速减缓,灼伤塑件,甚至产生热降解。当然,注射速度也不能过低,否则易导致充模不利,容易造成型腔缺料、塑件分层,产生明显熔接痕等缺陷。

当熔体充满型腔后,注射压力的作用就是对型腔内塑料进行保压补缩,使熔体得以压实。在生产中,取保压压力等于或小于注射时所用的注射压力。如果注射和压实时的压力相等,可以使塑件的收缩率减小,且塑件的尺寸稳定性较好,但可能会造成脱模时塑件的残余压力过大和成型周期过长。

3. 时间(成型周期)

完成一次注射成型过程所需的时间称为成型周期。注射成型周期由以下时间组成:



成型周期直接影响生产效率与模具、设备的利用率。在生产中，应在保证塑件质量的前提下，尽可能缩短成型过程中各个阶段的时间，缩短成型周期。

在整个成型周期中，注射时间与冷却时间占主要部分，它们对塑件质量有着决定性的影响。充模时间受注射速率与制件大小的影响，充模时间一般为 3 ~ 5s。保压时间一般取 20 ~ 120s；而对于某些特厚塑件，保压可持续长达数分钟；高速注射一些形状简单的塑件时，其保压时间可短至几秒钟。总之保压时间的长短与料温、模温、塑件壁厚、模具的流道和浇口大小有关，且对塑件的密度和尺寸精度有直接影响。

模内定型冷却时间是指保压结束后，模内塑件继续冷却至脱模温度所需的时间。因为热塑性塑料熔体的温度总是高于模具温度，所以一旦熔体进入模具后，便将受到低温模具的冷却作用。所以总的冷却时间应包括注射过程中的充模时间和保压时间。模内定型冷却时间主要取决于塑件的壁厚、塑料的热性能和结晶性、模具的温度等因素。冷却时间的长短应以塑件脱模时不产生变形为原则。模内定型冷却时间一般为 30 ~ 120s。冷却时间过长，不仅会使生产率降低，还会导致脱模困难。

【任务实施】

1. 分析塑件结构，选择塑件原材料

由导向筒样品绘制其零件图，如图 1-3 所示。

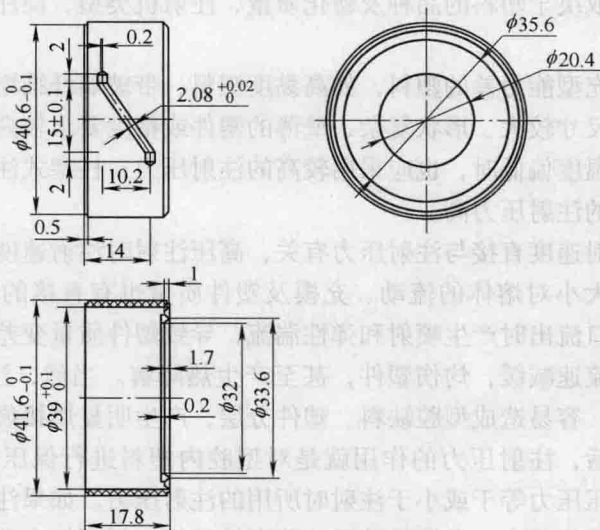


图 1-3 导向筒零件图

导向筒塑料制品是双筒望远镜上的一个外观件，表面要求较高； $\phi 40.6_{-0.1}^0$ mm 尺寸与其他零件配合，要求装配后完全吻合，不允许出现凸凹不平的现象，尺寸 $2.08_{+0.02}^0$ mm 要求严格；塑料制品壁厚最大为 1.3mm，最小 0.7mm，属薄壁塑料制品。