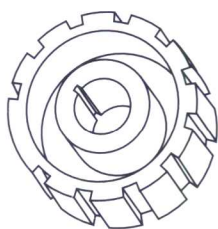


国家高技能紧缺人才培养丛书·模具技术

塑料模具设计与制造



实训教程

主编 周斌兴



国防工业出版社

National Defense Industry Press

国家高技能紧缺人才培养丛书 模具技术

塑料模具设计与制造 实训教程

主编 周斌兴

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍塑料模具设计与制造的基本原理、基本方法和相关知识。全书内容共分五个单元:塑料模具基础知识、注射模的设计与制造、压缩模具的设计与制造、塑料模具的装配及其使用与维修。本书以培养技术应用能力为主线,从内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,用较大篇幅介绍了各种模具的设计实例,突出了应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容详实。

本书不仅可以满足高职高专的模具设计与制造专业、机电一体化专业、机械制造与控制专业的教学要求,同时也可作为工程技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具设计与制造实训教程 / 周斌兴主编. —北京:
国防工业出版社, 2006. 4
(国家高技能紧缺人才培养丛书. 模具技术)
ISBN 7-118-04428-8

I. 塑... II. 周... III. ①塑料模具—设计—技术
培训—教材②塑料模具—制模工艺—技术培训—教材
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 016360 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京市李史山胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 348 千字

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

丛书序言

改革开放 20 多年来,我国经济保持持续增长的势头。进入 21 世纪后,随着新一轮经济增长周期的到来,经济发展将跨上一个新的平台。其中,以先进制造业为主的第二产业对我国国民经济的飞速发展起到非常重要的作用;制造业的迅速发展,为国民经济和社会发展作出了重要的贡献,成为我国经济腾飞的强劲动力。根据联合国工业发展组织公布的《工业发展报告 2002/2003》,我国制造业增加值占世界制造业的 6.3%,位居美国、日本和德国之后,排名世界第 4 位。

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争的事实,这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。调查研究表明,目前,我国在制造业领域急需大量数控、模具、汽车维修等专业高技能人才,而且我国技能型人才的培养模式相对落后,迫切需要提高职业教育和培训的针对性和适应性。教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合提出优先在数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等专业领域实施“先进制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”。劳动和社会保障部在全国范围内发起实施“国家高技能人才培养培训工程”,并制定了“三年五十万新技师培养计划”,以缓解高技能人才短缺状况。

面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。同时,社会上掀起尊重技能人才的热潮,营造出一个有利于技能人才培养与成长的轻松、和谐的社会环境。

为认真贯彻党的十六届五中全会精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,国防工业出版社根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想,通过大量的市场调研,并结合现有教材的实际情况,组织编写了急需开发的汽车应用、模具及数控专业技能实训教材。为作好该套教材的编写准备工作,使之更适合现代职业教育的特点,突出实践性教学,适应中等职业学校和企业培训的需要,特邀请长三角地区知名

企业、行业协会、职业院校及长三角国家高技能人才培养中心的有关专家编写了《国家高技能紧缺人才培训丛书》。本套丛书分数控技术、模具技术、汽车维修 3 个专业,共 18 个分册。

本套丛书是为了适应高技能紧缺人才的培养而编写的,为此组建了以职业院校、培训机构与企业界人士相结合的编审委员会,发挥各自优势。丛书的编写以企业对人才需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学生职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。

我们真诚希望本套丛书的出版能为我国的职业教育特别是紧缺技能人才的培训有所帮助。由于时间仓促,加上我们的水平和经验有限,丛书中可能存在某些缺点和不足,我们热切期待广大读者提出宝贵的意见和建议,以利我们今后不断改进和完善!



NTC 长三角国家高技能人才培养中心

《国家高技能紧缺人才培训丛书》编委会

2006 年 1 月

前 言

模具是一种技术密集、资金密集型的产品,在我国国民经济中的地位非常重要。模具工业已被国家正式确定为**基础产业**,并在“十五”期间列为重点扶持产业。模具生产技术水平的高低,已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志,因为模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。

改革开放 20 多年来,我国(除港、台地区外,下同)的模具工业获得了飞速的发展,设计、制造加工能力和水平、产品档次都有了很大的提高。据 1997 年的不完全统计,全国拥有模具专业生产厂、产品厂配套的模具车间(分厂)近 17000 家,约 60 万从业人员,年模具总产值达 200 亿元。到 2002 年,模具年总产值已达到 360 亿元,而 2003 年的总产值则达到 400 亿元,短短 6 年的时间,我国的模具行业产值就翻了一番。

随着发达国家将制造业纷纷转移到中国,中国塑料模具工业面临空前的发展机遇。到 2005 年,中国塑料模具产值已达到 460 亿元,年均增长速度为 12% 左右。模具自给率提高到 80% 左右,模具及模具标准件出口达 2 亿美元左右,汽车用塑料模具进口将大量减少。

在模具工业的总产值中,冲压模具约占 50%,塑料模具约占 33%,压铸模具约占 6%,其他各类模具约占 11%。由于新技术、新材料、新工艺的不断发展,促使模具技术不断进步,对人才的知识、能力、素质的要求也在不断提高。

为加快和推动模具专业技术的发展,国防工业出版社根据教育部“大力推动技能型紧缺人才培养培训工程”的指导思想,通过大量的市场调研,并结合现有教材的实际情况,组织编写了急需开发的模具专业技能实训教材。为做好该套教材的编写工作,使之更适合现代职业教育的特点,突出实践性教学,适用中等职业学校和企业培训的需要,特邀请长三角地区知名模具制造企业、模具协会、职业院校及长三角国家高技能人才培养中心的有关专家教授编写《国家高技能紧缺人才培训丛书 模具技术》丛书。本套丛书包括:

1. 《模具钳工技能实训教程》
2. 《模具机械加工实训教程》
3. 《模具数控加工实训教程》

4. 《冲压模具设计与制造实训教程》
5. 《塑料模具设计与制造实训教程》
6. 《模具 CAD/CAM 实训教程》

组织编写本套培训丛书的目的在于,提供一套与传统教材编写模式不同、富有时代创新特色、有利于应用型技能人才培养、真正适合就业方向的实训教材,以满足培养工程应用型技能人才的需求。

《塑料模具设计与制造实训教程》主要介绍塑料模具设计与制造的基本原理、基本方法和相关知识。全书内容共分五个单元:塑料模具基础知识、注射模的设计与制造、压缩模具的设计与制造、塑料模具的装配及其使用与维修。本书以培养技术应用能力为主线,从内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,用较大篇幅介绍了各种模具的设计实例,突出了应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容详实。本书不仅可以满足高职、高专的模具设计与制造专业、机电一体化专业、机械制造与控制专业的教学要求,同时也可作为有关工程技术人员的培训教材。

本书由江南大学周斌兴同志主编并统稿,参加编写人员主要有江南大学张能武,长三角国家高技能人才培养中心黄芸、程美玲,苏州工业园区培训中心邱立功,上海屹丰模具制造有限公司吴红梅,上海昌美精械有限公司苏本杰等同志。本书稿由唐继艳、吴娟录入和校对。

本书在编写过程中得到国防工业出版社、上海模具协会、昆山模具协会、江南大学机械学院、常州职业技术学院、上海屹丰模具制造有限公司、长三角国家高技能人才培养中心的大力支持和帮助,并得到众多专家的指导和鼎力相助;同时参考了大量的企业内部培训资料和有关图书,谨此表示衷心的感谢和敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 1 月于上海

目 录

第一单元 塑料模具基础知识	1	四、推出机构设计	98
课题一 塑料及塑料制品	1	五、侧向分型与抽芯机构的设计 ...	102
一、塑料及其分类	1	六、模具加热与冷却系统设计	107
二、塑料的特性和应用	1	七、注射模设计实例	110
三、塑料制品	1	课题三 注射模的加工与制造	120
课题二 塑料成型原理及工艺		一、注射模零件基本表面的加工	
特性	2	方法	120
一、注射成型原理及工艺特性	2	二、典型模零件的制造工艺	
二、压缩成型原理及工艺特性	8	过程	150
三、其他成型方法的原理及工艺		第三单元 压缩模具的设计与制造 ...	162
特性	11	课题一 压缩模概述	162
课题三 塑料制品的工艺性设计	14	一、压缩模结构及分类	162
一、塑料制品的尺寸、精度和表面		二、压缩模与压力机的关系	164
粗糙度	15	课题二 压缩模的设计	166
二、塑料制品的几何形状及结构 ...	16	一、成型零件结构设计	166
三、螺纹和齿轮	26	二、导向机构设计	176
四、带嵌件塑料制品的设计	28	三、推出与复位机构设计	176
课题四 塑料成型设备	31	四、抽芯机构设计	187
一、注射机	31	五、模架设计	190
二、压力机	41	课题三 压缩模具的加工与制造 ...	193
三、挤出机	47	一、模具零件的加工工艺要点	193
第二单元 注射模的设计与制造	51	二、压缩模设计与制造实例	194
课题一 注射模结构及特点	51	第四单元 塑料模的装配形式	202
一、注射模的分类与结构组成	51	课题一 塑料模具的装配工艺	202
二、单分型面注射模	55	一、装配的目的和内容	202
三、双分型面注射模	62	二、装配精度要求	203
四、侧向分型与抽芯机构	65	三、模具装配尺寸链和装配工艺	
课题二 注射模的设计	69	方法	203
一、成型零件的设计	69	四、模具工作零件的固定方法	207
二、浇注系统设计	79	课题二 塑料模具的装配	211
三、结构零件的设计	93	一、浇口套的装配	211

二、成型零件装配.....	212	方法.....	228
三、脱模机构的装配.....	214	二、注射模的使用及注意事项.....	229
四、滑块抽芯机构的装配.....	218	三、塑料模具的保养与保管.....	230
五、总装.....	221	课题二 模具维修	231
六、试模.....	226	一、模具修复手段.....	231
第五单元 塑料模具的使用与维修 ...	228	二、模具修复方法.....	233
课题一 塑料模的使用	228	三、模具修理工作的组织.....	234
一、压缩模的成型工序及使用		参考文献	235

第一单元 塑料模具基础知识

课题一 塑料及塑料制品

一、塑料及其分类

塑料是指以高分子合成树脂为主要成分,在一定的温度、压力等条件下具有可塑性和流动性,可利用模具成型的一类有机合成材料。

根据组成成分的不同,塑料可分为简单组分塑料和复杂组分塑料。简单组分塑料仅在合成树脂中加入少量的着色剂、润滑剂等助剂,如聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)、聚苯乙烯等,或仅是某种单一的合成树脂,如聚四氟乙烯。复杂组分塑料除了合成树脂外,为改变塑料的性能还加入了若干添加剂,如填料、增塑剂、稳定剂、固化剂等。

根据受热特性,塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料是指在特定的温度范围内能反复加热软化熔融、冷却硬化定型的塑料。这类塑料的树脂分子常为线型或支链型结构,在成型加工时一般只有物理变化而无化学变化。常用的热塑性塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、ABS、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜、氯化聚酯、聚甲基丙烯酸甲酯和氯塑料等。热固性塑料是指在初次受热到一定温度时能软化熔融,可塑制成型,继续加工时由于受热或受到固化剂的作用,分子链之间产生化学键结合,即发生交联反应,分子结构逐渐转化为网状结构,最终转变为体型结构。热固性塑料在成型过程中,既有物理变化,又有化学变化,成型后再次加热时不会再度软化熔融。常用的热固性塑料有酚醛塑料、环氧树脂、氨基塑料、有机硅塑料等。

二、塑料的特性和应用

塑料有以下主要特性:

- (1) 密度小。塑料的密度一般在 $(0.9 \sim 2.3) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 约为铝的 $1/2$, 钢的 $1/3$ 。
- (2) 化学稳定性高,某些塑料的耐腐蚀性优异。
- (3) 一般塑料都有良好的电绝缘性,有些塑料具有优良的光、电、声、磁特性。
- (4) 大部分塑料的摩擦因数低,有些塑料有很好的自润滑性能。
- (5) 塑料的来源丰富,价格低廉,可以使用高效率的工艺方法进行成型加工。

塑料的这些优异特性使其在许多领域得到了广泛的应用,例如:各种产品中用塑料制造结构零件,能全面减轻产品自重;在机械装置中制造轴承和传动零件,能降低磨损和噪声;在电气产品中用作绝缘材料;在化工装备中用于制造各种耐腐蚀零部件等。

三、塑料制品

塑料制品一般可以分为塑件、塑料型材和其他塑料制品三类。

塑件是指具有特定的使用功能和结构形状,成型后一般不需加工或只作少量修饰加工就能投入使用的塑料制品,它是一种最常见的塑料制品。

塑料型材是指按一定的截面形状和尺寸规格成型加工后供应市场,用户在使用时一般还需作切割或其他加工的一类尺寸塑料制品。常用的塑料型材有实心型材、管类型材、异形截面型材和共挤复合型材四类。

除了塑料和塑料型材外,尚有一些其他塑料制品。例如:塑料丝、塑料绳、塑料网;塑料纤维及其纺织物;塑料薄膜及其制品如塑料袋、胶粘带;玻璃钢(玻璃纤维增强塑料)制品。

课题二 塑料成型原理及工艺特性

一、注射成型原理及工艺特性

塑料的种类很多,其成型方法也很多,有注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、气动成型、泡沫成型等,其中前4种方法最为常用。

1. 注射成型原理及其成型特点

注射成型是热塑性塑料制品生产的一种重要方法。除少数热塑性塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可以用注射成型方法生产塑料制品。注射成型不仅用于热塑性塑料的成型,而且已经成功地应用于热固性塑料的成型。

注射成型是通过注射机来实现的。目前,注射机的种类很多,并且为了适应塑料制品的不断更新,注射机的结构不断得到改进和发展。但无论哪一种注射机,其基本作用均有两个:① 加热熔融塑料,使其达到粘流状态;② 对粘流的塑料施加高压,使其射入模具型腔。下面以螺杆式注射机的注射塑件为例介绍注射成型原理,其工作原理如图1-1所示。

首先是动模与定模闭合,接着液压缸活塞带动螺杆按要求的压力和速度,将已经熔融并沉积于料筒端部的塑料经喷嘴射入模具型腔中。此时螺杆不转动(图1-1(a))。当熔融塑料充满模具型腔后,螺杆对熔体仍保持一定压力(即保压),以阻止塑料的倒流,并向型腔内补充因制品冷却收缩所需要的塑料(图1-1(b))。经一定时间的保压后,活塞的压力消失,螺杆开始转动。此时由料斗落入料筒的塑料,随着螺杆的转动向前输送。在塑料向料筒前端输送的过程中,塑料受加热器加热和螺杆剪切摩擦热的影响而逐渐升温直至熔融成粘流状态,并建立起一定压力。当螺杆头部的熔体压力达到能够克服注射液压缸活塞退回的阻力时,在螺杆转动的同时,逐步向后退回,料筒前端的熔体逐渐增多,当螺杆退到预定位置时,即停止转动和后退。以上过程称为预塑(图1-1(c))。

在预塑过程中或在稍长一些时间内,已成型的塑料件在模具内冷却硬化。当塑料件完全冷却硬化后,模具打开,在推出机构作用下,塑料制品被推出模具(图1-1(c)),即完成一个工作循环。移动螺杆式注射机工作循环可以用图1-2表示。

与柱塞式注射成型相比,螺杆式注射机注射成型可使塑料在料筒内得到良好的混合与塑化,改善了成型工艺,提高了塑料制品质量。同时还扩大了注射成型塑料品种的范围和最大注射量,对于热敏性塑料和流动性差的塑料以及大、中型塑料制品,一般可用螺杆

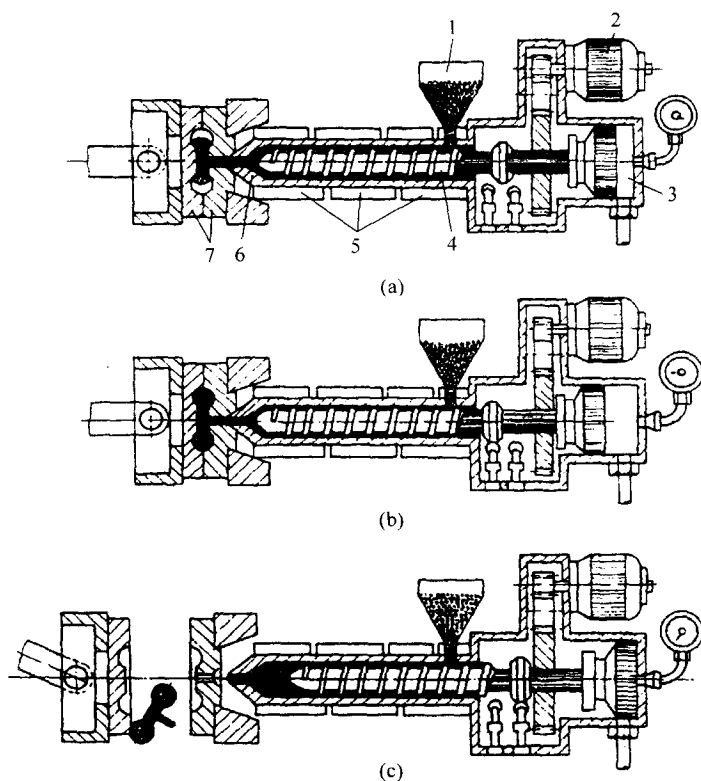


图 1-1 螺杆式注射机注射成型原理图

1—料斗；2—螺杆转动传动装置；3—注射液压缸；4—螺杆；5—加热器；6—喷嘴；7—模具。

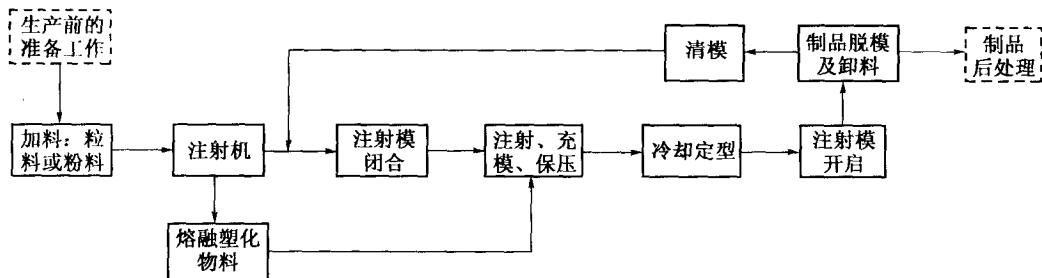


图 1-2 螺杆式注射机成型工作循环

式注射机注射成型。

从注射成型过程可以看出,注射成型生产周期短,生产率高,可采用微机控制,容易实现自动化生产,塑料制品精度容易保证,适用的范围广。但设备昂贵,模具较复杂。

2. 注射成型工艺过程

注射成型工艺包括成型前的准备、注射过程和塑件的后处理。

(1) 成型前的准备。

① 原料与处理。为了保证注射成型的正常进行和保证塑件质量,在注射成型前应做一定的准备工作,如对塑料原料进行外观检验,即检查原料的色泽、细度及均匀度等,必要

时还应对塑料的工艺性能进行测试。对于吸湿性强的塑料,如尼龙、聚碳酸酯、ABS等,成型前应进行充分的预热干燥,除去物料中过多的水分和挥发物,以防止成型后塑件出现起泡和银丝缺陷。

② 清洗机筒。生产中,如需改变塑料品种、调换颜色,或发现成型过程中出现了热分解或降解反应,则应对注射剂料筒进行清洗。通常,柱塞式注射机料筒存量较大,必须将料筒拆卸清洗。对于螺杆式料筒,可采用对空注射法清洗。采用对空注射法清洗螺杆式料筒时,若欲更换的塑料的成型温度高于料筒内材料的成型温度时,应将料筒和喷嘴温度升高到欲换的塑料的最低成型温度,然后加入欲换的塑料或其回料,并连续对空注射,直到将全部残料排除为止。若欲更换的塑料的成型温度低于料筒内残料的成型温度,应将料筒和喷嘴温度升高到欲换的塑料的最高成型温度,切断电源,加入欲换塑料的回料,并连续对空注射,直到将全部残料排除为止。当两种塑料成型温度相差不大时,不必变更温度,先用回头料,然后用欲换的塑料对空注射即可。残料属热敏性塑料时,应从流动性好、热稳定性好的聚乙烯、聚苯乙烯等塑料中选择黏度较高的品级作为过渡料对空注射。

③ 预热嵌件。对于有嵌件的塑料制件,由于金属与塑料的收缩率不同,嵌件周围的塑料容易产生收缩应力和裂纹,因此,成型前可对嵌件进行预热,减小它在成型时与塑料熔体的温差,避免或抑制嵌件周围的塑料容易产生的收缩应力和裂纹。在嵌件较小时对分子链柔顺性大的塑料也可以不预热。在成型前,有时还需对模具进行预热。

④ 选择脱模剂。为了使塑料制件容易从模具内脱出,有的模具型腔或模具型芯还需涂上脱模剂,常用的脱模剂有硬脂酸锌、液体石蜡和硅油等。

(2) 注射过程。完整的注射过程包括加料、塑化、充模、保压、倒流、冷却和脱模等几个阶段。

① 加料。将粒状或粉状塑料加入注射机料斗,由柱塞或螺杆带入料筒进行加热。

② 塑化。成型塑料在注射机料筒内经过加热、压实以及混料等作用以后,由松散的粉粒状颗粒或粒状的固态转变成连续的均化熔体的过程。

③ 充模。塑化好的塑料熔体在注射或螺杆的推动作用,以一定的压力和速度经过喷嘴和模具的浇注系统进入并充满模具型腔。

④ 保压。充模结束后,在注射机柱塞或螺杆推动下,熔体仍然保持压力进行补料,使料筒中的熔料继续进入型腔,以补充型腔中的塑料的收缩需要。保压时间应适当,过长的保压时间容易使塑料件产生应力,引起塑件翘曲或开裂。保压结束后,柱塞或螺杆后退,型腔中的熔料压力解除,这时,型腔中的熔料压力将比浇口前方的压力高。如果此时浇口尚未冻结,就会发生型腔中熔料通过浇注系统倒流的现象,使塑料制件产生收缩、变形及质地疏松等缺陷。如果撤除注射压力时,浇口已经冻结,则倒流现象就不会存在。由此可见,倒流是否发生或倒流的程度如何,均与保压时间有关。一般来讲,保压时间较长时,保压压力对模腔内的熔体作用时间也越长,倒流较小,塑件的收缩情况会有所减轻。而保压时间短时,情况则刚好相反。

⑤ 浇口冻结后的冷却。塑件在模内的冷却过程是指从浇口处的塑料熔体完全冻结时起到塑件将从模腔内推出为止的全过程。在此阶段,补缩或倒流均不再继续进行,型腔内的塑料继续冷却、硬化和定型。当脱模时,塑料制件具有足够的刚度,不致产生翘曲和变形。随着冷却过程的进行,温度继续下降,型腔内压与外界大气压力之差值称为残余压

力,残余压力为负值时,塑件表面有缺陷或内部有真空泡。所以,如果冷却过急,或模腔与塑料熔体接触的各部分温度不同,则会导致冷却不均和收缩率不一致,使塑件产生内应力,产生翘曲变形。

⑥ 脱模。塑件冷却后即可开模,在推出机构的作用下,将塑料制件推出模外。

(3) 塑件的后处理。由于塑化不均匀或由于塑料在型腔内的结晶、取向和冷却不均匀及金属嵌件的影响等原因,塑料件内部不可避免地存在一些内应力,从而导致塑件在使用过程中产生变形或开裂。为了解决这些问题,可对塑件进行一些适当的处理。常用的后处理方法有退火和调湿两种。

① 退火处理。退火是将塑件放在低温的加热介质(如热水、热油、热空气和液体石蜡等)中保温一段时间的热处理过程。退火温度一般在塑件实际使用温度以上 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 至热变形温度以下 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间进行选择和控制。退火时间以塑料品种及塑件厚度而定,一般取 $4\text{h} \sim 24\text{h}$ 。

② 调湿处理。调湿处理主要用于吸湿性很强且又容易氧化的聚酰胺等塑料制件,调湿处理除了能在加热条件下消除残余应力外,还能使塑件在加热介质中达到吸湿平衡,以防止在使用过程中发生尺寸变化。调湿处理所用的介质一般为沸水或醋酸钾溶液(沸点为 121°C),加热温度为 $100^{\circ}\text{C} \sim 121^{\circ}\text{C}$ 。调湿时间取决于塑件厚度,厚度在 $1.5\text{mm} \sim 6\text{mm}$ 范围内的尼龙 6,调湿时间取 $2\text{h} \sim 96\text{h}$ 。

3. 注射成型的工艺参数

正确的注射成型工艺可以保证塑料熔体良好塑化,顺利充模、冷却与定型,从而产生出合格的塑料制件。温度、压力和时间是影响注射成型工艺的重要参数,此外还有用料量与合模力等问题。

(1) 温度。注射成型过程需控制的温度有料筒温度、喷嘴温度和模具温度等。料筒温度、喷嘴温度主要控制塑料的塑化和流动,模具温度主要影响塑料的流动和冷却定型。

① 料筒温度。料筒温度的选择与诸多因素有关,凡是平均分子质量偏高、分布较窄的塑料、玻璃纤维增强塑料、采用柱塞式塑化装置的塑料和注射压力较低、塑件壁厚较小的,都应选择较高的料筒温度。反之,则选择较低的料筒温度。每一种塑料都有不同的黏流态温度 T_f (对结晶态塑料即为 T_m)(见图 1-3)。为了保证塑料熔体的正常流动,不使熔料产生变质分解,料筒最合适的温度应该在黏流态温度 T_f (或 T_m)和热分解温度 T_d 之间。

料筒温度的分布一般应遵循前高后低的原则,即料筒的后端温度最低,喷嘴处的前端温度最高。料筒后段温度应比中段、前段温度低 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。对于含水量偏高的塑料,也可使料筒后段温度偏高一些;对于螺杆式料筒,为了防止由于螺杆与熔料、熔料与熔料、熔料与料筒之间的剪切摩擦热而导致塑料热降解,可使料筒前段温度略低于中段。

螺杆式和柱塞式料筒温度比注射式料筒温度低 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

为了避免熔料在料筒里过热降解,除必须严格控制熔体的最高温度外,还必须控制熔料在料筒里的滞留时间。通常,提高料筒温度以后,都要适当缩短熔体在料筒里的滞留时间。

判断料筒温度是否适合,可采用对空注射法观察或直接观察塑件质量的好坏。对空注射时,如果料流均匀、光滑、无泡、色泽均匀则说明料温合适;如果料流毛糙,有银丝或变

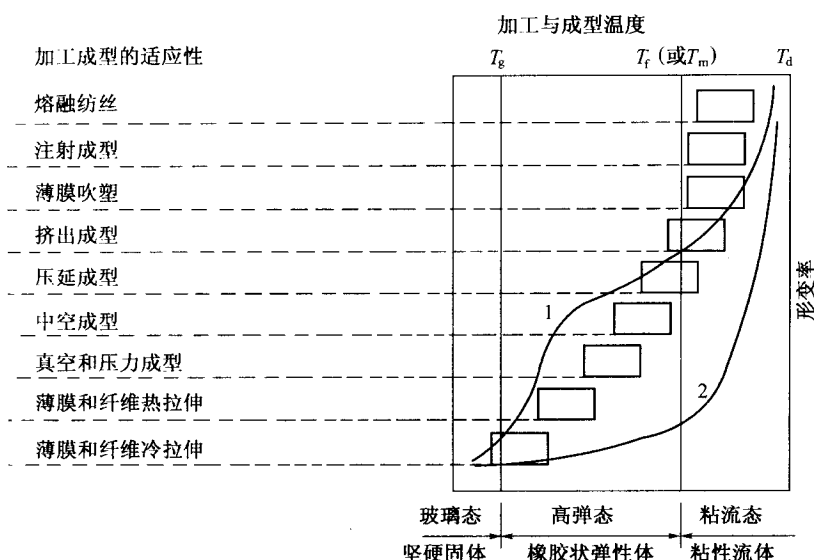


图 1-3 线型聚合物的聚集态与成型加工的关系

1—非结晶型树脂；2—结晶型树脂； T_g —玻璃化转变温度；

T_f —非结晶型塑料粘流温度； T_m —结晶型塑料熔点； T_d —热分解温度。

色现象,则说明料温不合适。

② 喷嘴温度。喷嘴温度通常比料筒的温度低,以防熔体在直通式喷嘴上可能发生的“流涎”现象。虽然喷嘴温度低,但当塑料熔体由狭小喷嘴经过时,会产生摩擦热,使进入模具的熔体温度升高,在快速注射时尤其是这样。喷嘴温度也不能太低,否则,喷嘴处的塑料可能产生凝固而将喷嘴堵死,或将凝料注入型腔成为零件的一部分而影响制品的质量。

料筒和喷嘴的温度还应与其他工艺条件结合起来考虑,如采用较高的注射压力,料筒温度可以低些。如果成型周期较短,则料筒温度应高些。

可见,选择料筒和喷嘴温度需要考虑的因素很多,在生产中可根据经验数据,结合实际条件,初步确定适当的温度,然后通过对制品的直接分析和熔体的“对空注射”进行检查,进而对料筒和喷嘴温度进行调整。

③ 模具温度。模具的温度对塑料熔体的流动和制品的内在性能及表面质量影响很大。模具必须保持一定的温度,这个温度应低于塑料的玻璃化温度或热变形温度,以保证塑料熔体凝固定型和脱模。

模具温度的选定主要决定于塑料的特性、制品的结构与尺寸、制品的性能要求以及成型工艺条件。对于非结晶型的塑料,模具的温度主要是影响熔体黏度,从而影响熔体充满型腔的能力和冷却时间。在保证顺利充满型腔的前提下,采用较低的温度,可以缩短冷却时间,从而提高生产率。所以对于熔体黏度低的或中等的塑料(如聚苯乙烯、醋酸纤维素等),模具温度可以偏低些。而对于熔体黏度高的塑料(如聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜等),则采用较高的模温,以保证熔体充满型腔,缓和制品冷却速率的不均匀性,从而防止制品生产凹陷、内应力、开裂等缺陷。对于结晶型的塑料,其结晶度受冷却速率的影响,而冷却速率又受模具温度的影响,也就是说,模具温度直接影响到塑料制品的结晶度和结晶构造,

从而影响到制品的性能。因此,对结晶型塑料,选择模具温度不仅要考虑熔体充满型腔和成型周期问题,还要考虑塑料制品的结晶及其对性能的影响。结晶型塑料的模具温度怎样选择合适呢?一般来说,模具温度高,冷却速率慢,为结晶充分进行创造了条件,因而得到的制品结晶度较高,制品的硬度高、刚度大、耐磨性较好,但成型周期长,收缩率较大,制品较脆。当模具温度较低时,冷却速率大,制品内结晶度较低。对于玻璃化温度低的塑料(如聚烯烃)还会产生后期结晶过程,使制品后收缩增大。鉴于上述情况,对结晶型塑料,模具温度高的仅用于结晶速率很小的塑料,如聚对苯二甲酸二(醇)酯等,模具温度还要根据制品的壁厚选择。壁厚大的,模具温度一般应较高,以减小内应力和防止制品出现凹陷等缺陷。

(2) 压力。注射成型过程中的压力包括塑化压力和注射压力两种,它们直接影响塑料的塑化和塑件质量。

① 塑化压力。塑化压力又称背压,是指采用螺杆式注射机时,螺杆头部熔料在螺杆转动后退时所受到的压力。这种压力的大小是可以通过液压系统中的溢流阀来调整的。注射中,塑化压力的大小是随螺杆的设计、塑件质量的要求以及塑料的种类等的不同而确定的。如果这些情况和螺杆的转速都不变,则增加塑化压力时即会提高熔体的温度,并使熔体的温度均匀、色料混合均匀并排除熔体中的气体。但增加塑化压力,则会降低塑化速率、延长成型周期,甚至可能导致塑料的降解。一般操作中,在保证塑件质量的前提下,塑化压力应越低越好,其具体数值随所用塑料的品种而定,但通常压力很少超过 2MPa。注射聚甲醛时,较高的塑化压力(也就是较高的熔体温度)会使塑件的表面质量提高,但也可能使塑料变色、塑化速率降低和流动性下降。对聚酰胺来说,塑化压力必须降低,否则塑化速率将很快降低,这是因为螺杆中逆流和漏流增加。如需增加料温,则应采用提高料筒温度的方法。聚乙烯的热稳定性较高,提高塑化压力不会有降解的危险,这有利于混料和混色,不过塑化速率会随之降低。

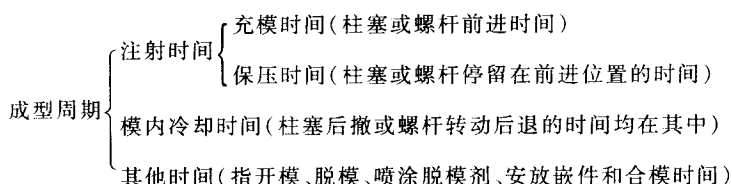
② 注射压力。注射机的注射压力是指柱塞或螺杆头部轴向移动时其头部对塑料熔体所施加的压力。选择注射压力时,首先要考虑注射机允许的注射压力范围,注射压力要在它的数值之内,才能进行合理的调整与控制。通常取(40~200)MPa之间,压力的大小可通过注射机的控制系统来调整。注射压力的作用是克服塑料熔体从料筒向型腔的流动阻力,给予熔体一定的充模速率以及对熔体进行压实等。

注射压力的大小取决于注射机的类型、塑料的品种、模具浇注系统的结构、尺寸与表面粗糙度、模具温度、塑件的厚度及流程的大小等,关系十分复杂,目前难以作出具有定量关系的结论。在其他条件相同的情况下,柱塞式注射机作用的注射压力应比螺杆式注射机作用的注射压力大,其原因在于塑料在柱塞式注射机料筒内的压力损耗比螺杆式注射机大。塑料流动阻力的另一决定因素是塑料与模具浇注系统及型腔之间的摩擦系数和熔融黏度,摩擦系数和熔融黏度越大时,注射压力应越高。同一种塑料的摩擦因数和熔融黏度是随料筒温度和模具温度而变动的,此外,还与其是否加有润滑剂有关。

型腔充满后,注射压力的作用在于对模内熔料的压实。在生产中,压实时压力等于或小于注射时所用的注射压力。如果注射和压实时压力相等,则往往可以使塑件的收缩率减小,并且它们的尺寸稳定性好,但这种方法的缺点是会造成脱模时的残余压力过大和成型周期过长。但对结晶性塑料来说,使用这种方法,成型周期不一定增长,因为压实

压力大时可以提高塑料的熔点(例如聚甲醛,如果压力加大到 50MPa,则其熔点可提高 90℃),脱模可以提前。

(3) 时间(成型周期)。完成一次注射成型过程所需的时间称成型周期,它包括以下各部分。



成型周期直接影响到劳动生产率和注射机使用率,因此,生产中在保证质量的前提下应尽量缩短成型周期中各个阶段的有关时间。在整个成型周期中,以注射时间和冷却时间最重要,它们对塑料的质量均有决定性影响。注射时间中的充模时间与充模速度成正比,在生产中,充模时间一般为 3s~5s。注射时间中的保压时间就是对型腔内塑料的压实时间,在整个注射时间内所占的比例较大,一般为 20s~25s(特厚塑件可达 5min~10min)。在熔料冻结浇口之前,保压时间的多少,将对塑件密度和尺寸精度产生影响。保压时间的长短不仅与塑件的结构尺寸有关,而且与料温、模温以及主流道和浇口的尺寸有关,通常以塑件收缩率波动范围最小的压实时间为最佳。

冷却时间主要决定于塑件的厚度、塑料的热性能和结晶性能以及模具温度等。冷却时间的长短应以脱模时塑件不引起变形为原则,冷却时间一般在 30s~120s 之间。冷却时间过长,不仅延长生产周期,降低生产效率,对复杂塑件还将造成脱模困难。成型周期中的其他时间则与生产过程是否连续化和自动化,以及连续化和自动化的参与程度有关。

二、压缩成型原理及工艺特性

压缩成型又称为压制成型、压塑成型、模压成型等。它的成型方法是将松散的固态成型物料直接加入到模具中,通过加热、加压方法使它们逐渐软化熔融,然后根据模腔形状进行流动成型,最终经过固化转变为塑料塑件。

1. 压缩成型原理及其特点

压缩成型原理如图 1-4 所示。将粉状、粒状、碎屑状或纤维状的热固性塑料原件直接加入敞开的模具加料室内,如图 1-4(a)所示;然后合模加热,使塑料熔化,在合模压力的作用下,熔融塑料充满型腔各处,如图 1-4(b)所示;这时,型腔中的塑料产生化学交联反应,熔融塑料逐步转变为不熔的硬化定型的塑料制件,最后脱模将塑件从模具中取出,如图 1-4(c)所示。

压缩成型的特点是:塑料直接加入型腔内,压力机的压力是通过凸模直接传递给塑料,模具是在塑料最终成型时才完全闭合。其优点是没有浇注系统,料耗少,使用的设备为一般的压力机,模具比较简单,可以压制较大平面的塑料制品或利用多型腔模一次压制多个制品。压制时,由于塑料在型腔内直接受压成型,所以有利于模压成型流动性较差的以纤维为填料的塑料,而且塑料制品收缩较小、变形小,各项性能比较均匀。压缩成型的缺点是:生产周期长、效率低,不容易压制形状复杂、壁厚相差较大的塑料制品;不容易获得尺寸精确尤其是高度尺寸精确的塑料制品,而且不能压制带有精细和易断嵌件的塑