

内 容 简 介

本书吸收了高职高专院校近年来模具设计与制造专业的教学改革和课程建设的成果,引入了作者在教学资源库与精品课程建设方面的成就,并结合企业对模具专业人才的知识、能力、素质的要求和作者从事教学所积累的经验与体会编写而成。

本书重点介绍了注射成型的整个生产过程,然后分别介绍了压缩成型、压注成型、挤出成型和气动成型等各类塑料成型工艺与模具设计。本书将塑料模具设计与制造技术有机融合,是一门理论与实践一体化、综合性与实践性较强的专业技术课程。为了强化学生实践能力和职业技能的培养,遵循以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点,压缩了理论教学课时,加大了实习、实训课时,使学生有足够的时间进行实践,从而培养学生的动手能力,符合高职高专人才培养目标的要求。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校塑料成型工艺与模具设计课程的教材,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/周登攀,李桂芹主编. —北京:北京邮电大学出版社,2013. 12(2019. 11 重印)

ISBN 978-7-5635-3799-0

I. ①塑… II. ①周… ②李… III. ①塑料成型—生产工艺
②塑料模具—设计 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 300719 号

书 名: 塑料成型工艺与模具设计

主 编: 周登攀 李桂芹

责任编辑: 边丽新

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 438 千字

版 次: 2013 年 12 月第 1 版 2019 年 11 月第 4 次印刷

ISBN 978-7-5635-3799-0

定 价: 48.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

绪 论

一、塑料成型在塑料工业生产中的重要地位

塑料工业是新兴的产业之一,又是一个发展迅速的领域。塑料已进入一切工业部门以及人们的日常生活中,广泛应用于家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、汽车工业、日用五金、兵器、航空航天和原子能等各个领域,并显示出巨大的优越性和发展潜力。当今世界把一个国家的塑料消耗量和塑料工业水平,作为衡量其工业发展水平的重要标志之一。

自 1909 年实现以纯粹化学合成方法生产酚醛塑料算起,世界塑料工业的崛起不过一百多年的历史。但其发展却十分迅速,1910 年世界塑料产量只有 2 万吨,到 2003 年产量达到了 1.28 亿吨。目前,不同型号、牌号的塑料达几千种之多,全球每年塑料消费量达 2.4 亿吨,经历了塑料品种渐多,在生产技术和方法上都有显著改进的飞速发展阶段,可以预计今后塑料工业将以每 8 年翻一番的增长速度持续高速发展。

我国的塑料工业起步于 20 世纪 50 年代初期,新中国成立前夕,我国只有上海、广州、武汉等个别大城市有塑料制品加工厂,只有酚醛和赛璐珞两种塑料,1949 年全国塑料总产量仅有 200 吨。自 1958 年我国第一次人工合成酚醛塑料开始,我国的塑料工业得到迅猛发展,1958 年我国塑料产量为 2.4 万吨,1965 年为 13.9 万吨。20 世纪 70 年代中期引进的几套化工装置的建成投产,使塑料工业有了一次大的飞跃,1979 年为 94.8 万吨,1988 年猛增到 135.42 万吨,2000 年已达到 200 万吨。近 20 年来,塑料的产量和品种都大大增加,许多新颖的工程塑料也已投入批量生产。至今,我国的塑料制品总产量在世界上已跃居第二位。同时,我国塑料工业已形成了相当规模的完整体系,包括塑料的生产,成型加工,塑料机械设备,模具工业以及科研、人才培养等。塑料工业在国民经济的各个部门发挥了愈来愈大的作用。

塑料工业的发展之所以如此迅猛,主要是因为塑料具有以下优良特性。

(1) 密度小、质量轻。一般塑料的密度在 $0.83\sim 2.2\text{ g/cm}^3$,相当于钢材密度的 0.11 或铝材密度的 0.5 左右,即在同样的体积下塑料制件要比金属制件轻得多,特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。同时这一特性对交通工具和空间飞行器显得特别重要,因为它们可以减轻自重而提高速度,提高装载及运输能力并节约能源。

(2) 比强度(σ_b/ρ)和比刚度(E/ρ)高。比强度和比刚度好在某些场合(如空间技术领域)

具有重要意义。例如,碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、刚度好的结构零件。

(3)化学稳定性好。塑料对酸、碱、盐、蒸汽和许多化学药品都有良好的耐腐蚀能力,其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高,就连“王水”对它也无可奈何,所以称之为“塑料王”。

(4)电绝缘性能好,介电损耗低。广泛用于制作电机、电器和电子工业中的结构零件和绝缘材料。

(5)耐磨和自润滑性能好。可以在各种液体、半干和干摩擦条件下有效地工作,可以用于制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机械零件。

(6)减振、隔音性能好。可以用于高速运转机械,还可以用作汽车中的一些结构零件。

(7)具有多种防护性能(防水、防潮、防透气、防辐射)。因而它成为现代包装行业中不可缺少的新型包装材料。

此外,塑料还有良好的着色性能、光学性能和绝热性能。因此,塑料已从代替部分木材、皮革和金属材料发展成为与钢材、水泥和木材并驾齐驱的新型基础材料,成为国民经济中各行各业不可缺少的重要材料之一。

塑料工业包含塑料生产(树脂和半成品生产)和塑料制品生产(也称塑料成型或塑料加工工业)两个系统。没有塑料的生产就没有塑料制品的生产;没有塑料制品的生产,塑料就不能变成工业产品和生活用品。

塑料制品的生产主要由塑料的成型加工、机械加工、修饰加工和装配加工四个基本工序组成,如图 0-1 所示。

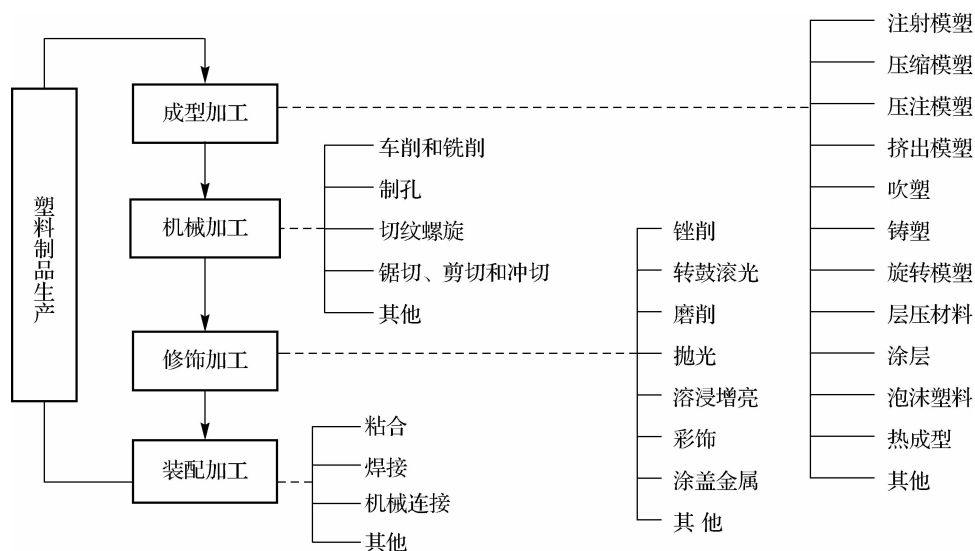


图 0-1 塑料制品的生产

有些塑料在成型前需要进行预处理(预压、预热、干燥等),因此塑料制品生产的完整工序:

塑料原料→(预处理)→成型加工→机械加工→修饰加工→装配加工→塑料制品

在四个基本工序中,塑料的成型加工是最重要的,是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其他工序通常根据制品的要求而定,后三个工序有时统称为二次加工。因此,塑料的成

型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

二、塑料成型方法简介

塑料成型的种类很多,有各种模塑成型、层压及压延成型等。其中塑料模塑成型种类较多,如挤出成型、压缩模塑、传递模塑、注射模塑等。这些塑料成型种类的共同特点是利用塑料模来成型具有一定形状和尺寸的塑料制品。

表 0-1 中列出了常用的模塑成型加工方法,如注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、中空吹塑等,其产量约占全部塑料制品加工数量的 90% 以上。

表 0-1 常用的模塑成型加工方法

序号	成型方法	成型模具	用 途
1	注射成型	注射模	电视机外壳、食品箱、塑料盆、桶、汽车仪表盘等
2	压缩成型	压缩模	酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯等塑料制品
3	压注成型	压注模	酚醛、三聚氰胺甲醛和环氧树脂等塑料制品
4	挤出成型	口模(机头)	棒、管、板、薄膜、电缆护套、异形型材等
5	中空吹塑	口模、吹塑模	瓶子、容器及形状复杂的中空制品等

在现代塑料制品生产中,正确的加工工艺、高效率的设备、先进的模具是影响塑料制品质量的三大重要因素,而塑料模对塑料加工工艺的实现以及保证塑料制品的形状、尺寸及公差起着极重要的作用。高效率、全自动的设备也只有配备了适应自动化生产的塑料模才有可能发挥其效能,产品的更新也是以模具的制造和更新为前提的。

三、塑料成型技术的发展方向

由于工业塑料制品和日用塑料制品的品种和产量需求日益增加,对塑料模具也提出了越来越高的要求,因此推动了塑料模具不断向前发展。为了使各种性能优良的塑料在国民经济的各个领域中得到进一步应用,必须在发展塑料生产的同时努力发展塑料成型工业,研究塑料加工的新技术。

1. 塑料成型理论和成型工艺

模具设计已逐步向理论设计方面发展,目前为止,挤出成型的流动理论和数学模型已经建立,并在生产中得到应用。目前仍需不断加深塑料模塑成型理论基础和工艺原理的研究,改进或采用先进的生产工艺以提高塑料产品的质量和生产效率。

2. 生产的高效率、自动化

简化塑料制品成型工艺过程,缩短生产周期是提高生产效率的有效方法。高速自动化的塑料成型机械配合先进的模具也是提高塑料制品质量,提高生产效率的有效方法。已经出现的高效率、自动化模具结构有高效冷却装置、无流道注射模、自动推出塑料制品和流道凝料的脱模机构、多层多腔注射模,气体辅助注射成型及其自动控制系统等。

为了提高加工精度,缩短模具的制造周期,塑料模具的加工已经广泛地应用了仿形加工、电加工、数控加工以及微机控制加工等先进的加工技术,并且使用了坐标镗、坐标磨和三坐标测量仪等精密加工和测量设备,超塑性成型和电铸成型型腔以及简易制模工艺等先进

的型腔加工新工艺。

3. 塑料制件的精密化、微型化、超大型化

随着工业的发展,为了满足各种工业产品的使用要求,不少塑料制品日渐大型化、复杂化、多功能化、高精度化,这就要求相应的模具能满足这些要求。塑料模也相应地向大型、微型、高精度的方向发展,大型、小型和新型的塑料成型设备亦不断涌现。精密注射成型是塑件尺寸公差保持在 $0.01\sim 0.001\text{ mm}$ 的成型工艺方法,国内已经有注射量为 0.1 g 的微型注射机,可生产 0.05 g 的微型注射成型塑件;塑件的大型化要求有大型的成型设备,国产大型注射机的注射量已达 35 kg ,合模力为 80 kN 。

4. 推广应用 CAD/CAM

CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术,近年来我国模具 CAD/CAM 技术已经得到了很大的普及。目前,基于信息技术的 CAD/CAM/CAE 一体化系统正逐步推广,这将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程的问题。

5. 模具的标准化

模具的标准化是指在模具的设计与制造过程中,应该遵循的技术规范和准则。这是提高模具质量、缩短模具制造周期的根本性措施,也是塑料模发展的方向,已引起国内、外极大重视。为降低模具成本、缩短模具的制造周期,模具的标准化工作需要进一步加强,目前我国模具的标准化只有 20% 。近年来,关于模具技术条件、标准模架和模具零部件等方面我国已有 27 个国家标准。常用的包括以下标准:

- ①GB/T 12554—2006 塑料注射模技术条件;
- ②GB/T 12556—2006 塑料注射模模架技术条件;
- ③GB/T 4170—2006 塑料注射模零件技术条件;
- ④GB/T 12555—2006 塑料注射模模架;
- ⑤GB/T 4169.1—2006 至 GB/T 4169.23—2006 共 23 个模具零部件。

在以后标准化的建设中还需要研究开发热流道标准元件、模具温控标准装置,精密标准模架、精密导向件系列,标准模板和模具标准件的先进技术和等向性标准化模块等。

四、课程的内容、目标及学习要求

“塑料成型工艺与模具设计”课程是高职高专模具专业学生的专业核心课之一,它是高分子材料、流体力学、热处理、材料成型理论等为理论基础的实践环节强的一门综合性应用课程。

1. 本课程的主要内容

本课程的主要内容是通过分析与选择塑料原料、确定塑料成型工艺、选用模具结构类型及模架、设计模具结构、模具装配与试模等方面的训练,完成对塑料成型工艺与模具设计工作过程的完整训练。目的是使学生能够较快地适应生产实际的要求,具备塑料成型工艺、模具设计和设备技术的基础知识和综合应用能力。

2. 本课程的主要目标

- (1)了解塑料的工艺特性与成型机理,掌握各种常用塑料在各种成型过程中对模具的工

艺要求,掌握成型工艺所必备的各种技术知识。

(2)塑件设计方面,在掌握正确分析塑件工艺性的基础上,能应用学过的设计知识,通过查阅和使用有关设计手册和参考资料,设计中等复杂程度的模具,为设计、制造复杂塑料模具打下基础。

(3)具备正确安装模具、调试工艺和操作设备的能力,在全面掌握塑料的特性与成型工艺性能、成型特点,模具零件的加工工艺性,标准件的选用等的基础上。初步具备分析、解决生产现场中出现的质量问题的能力。

3. 本课程的学习要求

“塑料成型工艺与模具设计”是一门实践性和综合性很强的课程,其主要内容都是从生产实践中逐步积累和丰富起来的。因此,学习本课程需不断地理论联系实际,结合教学的实训环节,丰富课程内容,加强自身的自学能力,主动参考有关资料。除了要重视书本知识的学习外,还应该多实践。

在密切结合工艺过程的前提下尽可能地总结每种工艺所依据的原理、生产控制因素,以及对在工艺过程中塑料所发生的物理与化学变化和它们对制品性能的影响具有清晰的概念,并进一步了解各种成型工艺所能适应的塑料品种及其优缺点。此外,还要求学生了解塑料模具的装配、试模、验收、使用和维修方面的知识,能够提出由于模具设计或制造不当而可能造成的各种塑件的缺陷,以及操作困难的原因所在及其解决办法。

随着塑料成型加工工业的不断发展,塑料模设计的理论和塑料模的结构等也在不断地创新、提高与发展,大家在学习塑料模的基本知识的同时,还应注意学习国内外的新技术、新经验,发挥自己的聪明才智,为我国模具工业的发展做出贡献。

任务一 选择与分析塑料原材料

能力目标

- 会分析并选择塑料种类；
- 会分析给定塑料的使用性能和工艺要求。

知识目标

- 掌握塑料的组成、分类、结构特点以及常用塑料的基本性能；
- 了解塑料热学性能与成型加工方法之间的关系；
- 熟悉常用塑料代号、性能和用途。



任务引入

通常将塑料制品称为塑料制件或塑件。塑件的形式多种多样,其用途广泛,由于其使用要求不同,对于塑料原材料的要求也不同。使用不同的原料,其使用性能、成型工艺性能和应用范围也不同。

在日常生活中,经常会见到如图 1-1 所示的各种形状的塑料制件,它们与我们的生活息息相关。



图 1-1 各种形状的塑料制件

某企业大批量生产塑料上罩壳,如图 1-2 所示。要求产品外形美观,外表面无斑点、无瑕疵,并具有一定的强度,性能可靠。编制该塑件的加工工艺,并设计成型该塑件的模具。通过本任务的学习,完成塑件原材料的选择以及对材料使用性能和成型工艺性能的分析,训练学生合理分析与选择塑料原材料的能力。

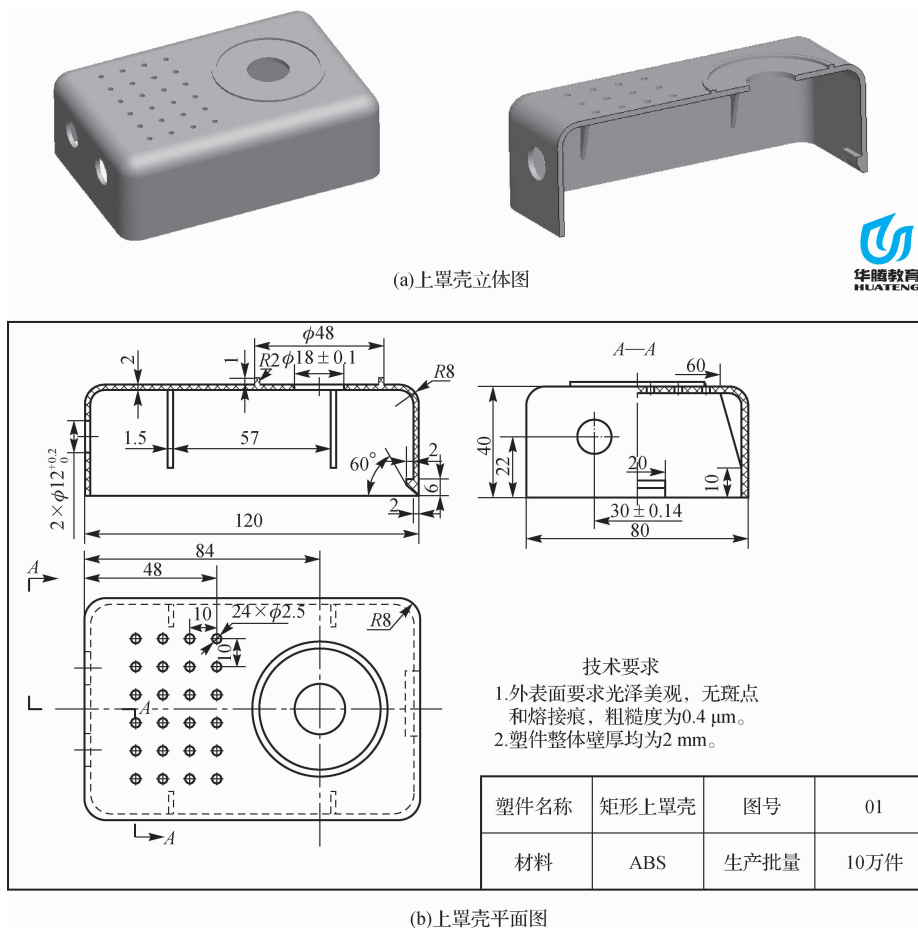


图 1-2 矩形上罩壳

相关知识

一、塑料的组成

塑料是以树脂为主要成分,通过加入一定数量和一定类型的添加剂,在一定温度和压力作用下,利用模具等成型为一定几何形状和尺寸的制件的材料。根据塑料成型的需要,工业上用于成型的塑料有粉料、粒料、纤维状、溶液和分散体等几种,如图 1-3 所示。



图 1-3 粉料、粒料、纤维状的塑料原料

1. 树脂

树脂是一种高分子有机化合物,简称高聚物,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。树脂是塑料中主要的、必不可少的成分,它决定了塑料的类型,影响着塑料的物理、化学等基本性能,树脂分为天然树脂和合成树脂两种。

1) 天然树脂

天然树脂是指从树木中分泌出的脂物,如松香;从热带昆虫的分泌物中提取的树脂,如虫胶;还有部分树脂从石油中得到,如沥青。这些树脂都属于天然树脂。

由于天然树脂无论在数量上还是在质量上都远远不能满足现实生产、生活的需要,因而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。

2) 合成树脂

合成树脂是由简单有机物经化学合成或由某些天然产物经化学反应而得到的一种高分子化合物,又称聚合物。例如,酚醛树脂、环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯等都属于合成树脂。合成树脂既保留了天然树脂的优点,同时也改善了成型加工工艺性和使用性能等。因此,目前我们所使用的塑料一般都是用合成树脂制成的,很少采用天然树脂。石油是制取合成树脂的主要原料。生产中一般都采用合成树脂,树脂含量为 40%~60%。

2. 添加剂

1) 填充剂

填充剂又称填料,是塑料中重要但并非每一种塑料都必不可少的成分。填充剂在塑料中有两种作用:一种是减少树脂含量降低成本,起增量作用;另一种是既起增量作用又起改性作用,即不仅使塑料成本降低而且使塑料性能得到改善,扩大了塑料的应用范围。例如,把木粉加入到酚醛树脂中,既能降低成本又能改善它的脆性;把玻璃纤维加入到塑料中,可大幅度提高塑料的机械强度;在聚乙烯、聚氯乙烯中加入钙质填料,可得到物美价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。此外,有的填料还可使塑料具有树脂没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。常用的填料有木粉、纸浆、硅藻土、云母、石棉、炭黑、玻璃纤维等。填料的含量一般不超过塑料的 40%。

2) 增塑剂

有些树脂(如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等)的可塑性很小,柔软性也很差。为了降低树脂的熔融黏度和熔融温度,改善其成型加工性能,改进塑件的柔韧性、弹性以及其他各种必要的性能,通常加入能与树脂相溶的、不易挥发的高沸点有机化合物,这类物质称为增塑剂。

加入增塑剂在改善塑料成型加工性能的同时,有时也会降低树脂的某些其他性能,如硬度、抗拉强度等,因此添加增塑剂要适量。

对增塑剂的要求:与树脂要有良好的相溶性;挥发性小,不易从塑件中析出;无毒、无色、无臭味;光、热稳定性较好,不吸湿。

3) 稳定剂

为了提高树脂在受外界因素(如热、光、氧和射线等)作用时的稳定性,减缓和阻止塑料在加工、使用过程中分解变质的物质称为稳定剂。对稳定剂的要求是除了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。根据所起作用的不同,稳定剂可分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧化稳定剂。常用的稳定剂有硬脂酸盐、铅的化合物及环氧化合物。塑料中稳定剂的用量一般为0.3%~0.5%。

4) 着色剂

着色剂主要起装饰美观作用,为使塑件获得各种所需颜色,常在塑料中加入着色剂。着色剂品种很多,大体分为有机颜料、无机颜料和染料三大类。有些着色剂兼有其他作用,如本色聚甲醛塑料用炭黑着色后能在一定程度上防止光老化。塑料中的着色剂用量一般为0.01%~0.02%。

对着色剂的一般要求是:着色力强;与树脂有很好的相溶性;不与塑料中其他成分起化学反应;成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,而且在塑件的长期使用过程中能够保持稳定。

5) 固化剂

固化剂又称硬化剂、交联剂,用于成型热固性塑料,线形高分子结构的合成树脂需发生交联反应转变成体形高分子结构。固化剂添加的目的是促进交联反应。例如,在环氧树脂中加入乙二胺、三乙醇胺等。

塑料的添加剂除上述的几种外,还有发泡剂、阻燃剂、抗静电剂等。不是每一种塑料都需要加入这些添加剂,而是依塑料品种和塑件使用要求按需要、有选择地加入某些添加剂。

二、塑料的分类

目前塑料品种繁多,为了便于识别和应用,通常对塑料进行分类,常用的分类方法有以下两种。

1. 按分子结构及其热性能分类

1) 热塑性塑料

热塑性塑料具有线形或带支链线形分子结构。加热时分子活动能力强,链分子间容易产生相对运动,物料形态由固态逐渐软化或熔融成胶糊状态或黏稠流体状态,但冷却后又可变硬复原为固态,如此可以反复多次。在这一过程中一般只有物理变化,塑料分子结构并无变化,因而其变化过程是可逆的。但是,如果温度过高而且保温时间过长,材料也会被破坏。

聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚甲醛、聚碳酸酯以及 ABS 等均属于此类。

2) 热固性塑料

热固性塑料最终具有体形网状结构,这种分子结构是在塑料加热成型后逐渐形成的。在加热之初,因分子呈线形结构,具有可溶性和可塑性,可制成一定形状的塑件;当继续加热,温度达到一定程度后,分子呈现立体网状结构,树脂变成不溶或不熔的体形结构,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。酚醛塑料、环氧塑料、有机硅塑料以及不饱和聚酯塑料等均属于此类。

2. 按用途分类

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:聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料。它们的产量约占塑料总产量的 80% 以上,构成了塑料工业的主体。

2) 工程塑料

工程塑料是指在工程技术中用作结构材料的塑料。它除了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能,因而可以代替金属作为某些机械构件用材料,如聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、ABS、聚砜、聚苯醚以及聚四氟乙烯等。

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、高的电绝缘性或耐腐蚀性等性能,如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅塑料以及环氧塑料等。此外特殊塑料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、高聚物的分子结构

1. 高聚物分子的结构特点

高聚物(高分子化合物)是指那些由众多原子或原子团主要以共价键结合而成的相对分子质量在一万以上的化合物。无论是天然树脂还是合成树脂,它们都属于高聚物。

高聚物一般经聚合反应制得,组成元素以 C、H、O、N 为主,在一些高聚物中也存在 S、P、Si、F 等元素,由此可见,一般合成高分子主要由非金属元素组成。同具有相同化学成分和结构的低分子同系物相比,高聚物具有高软化点、高强度、高弹性以及熔体的高黏度等特殊物理性能。由于高聚物分子特别大且分子间力也较大,在常温常压下,一般为固体,也有为黏稠液体,不形成气体。

任何物质的性质都是由内部结构决定的,高分子材料结构与性能间的关系是确定其加工成型工艺的依据。更好地了解高聚物的结构与物理性能的关系,就可以正确地选择和使用成型材料,或改进成型材料性能,合成新的材料。

从原子数来看,低分子化合物中所含的原子一般都不多,而一个高聚物分子中则含有成千上万,甚至几十万原子。例如,一个水分子 H_2O 只有 3 个原子,而尼龙分子中大约有 4 千万个原子,天然橡胶分子中有 5 万~6 万个原子。在相对分子质量方面,低分子化合物只有几十或几百,如水只有 18,而高聚物则比低分子化合物高得多,一般从几万至上千万。例

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。从分子长度来看,高分子化合物要比低分子化合物长。例如,低分子乙烯的长度约为 $0.000\ 5\ \mu\text{m}$,而高分子聚乙烯的长度则为 $6.8\ \mu\text{m}$,后者是前者的 13 600 倍。由此可见,高分子化合物是含有原子数很多、相对分子质量很高、分子很长的巨型化合物。

聚合物的分子结构是由一种或数种原子团按照一定方式重复排列而形成的聚合物分子链结构。如图 1-4 所示为聚合物分子链结构示意图。按照聚合物分子链的结构形式可分为 3 种类型:线形、支链形和体形。



图 1-4 聚合物分子链结构示意图

线形高聚物具有弹性和塑性,在适当的溶剂中可溶胀或溶解,温度升高时会逐渐软化甚至成为熔化状态而具有流动性,且这种特性在高聚物成型前后都存在,因而可以反复成型。线形聚合物树脂组成的塑料通常为热塑性塑料,例如高密聚乙烯、聚甲醛、聚酰胺等。支链形属于线形的一种,只是在线形分子链的主链上,带有一些或长或短的小支链,整个分子呈支链状,因此称为带有支链的线形聚合物。体形高聚物脆性大,弹性较高,塑性很低,在成型前是可溶的,一经成型硬化后,就成为既不溶解又不熔融的固体,不能再次成型。体形聚合物树脂组成的塑料通常为热固性塑料,例如酚醛树脂、环氧树脂、脲醛、三聚氰胺等。

2. 高聚物分子链的聚集状态

对于某些固体材料,如果它们中的质点既是近程有序又是远程有序,则可将它们称为晶体材料,反之则称为非晶体材料。高聚物的结构按照分子排列的几何特点,可以分为晶体型和非晶体型两大类型,其中非晶体型高聚物又称为无定型高聚物。

分子结构简单、对称性高的聚合物以及分子间作用较大的聚合物等,从高温向低温转变时,由无规则排列逐渐转化为有规则紧密排列,这种过程称为结晶。由于聚合物分子结构的复杂性,结晶过程不可能完全进行,结晶态高聚物中实际上仍含有非结晶区,其结晶的程度可用结晶度来衡量。结晶度是指聚合物中的结晶区在聚合物中所占的比例。例如,低密聚乙烯的结晶度为 $85\% \sim 90\%$ 。

结晶对高聚物的性能影响重大,由于结晶造成了分子的紧密聚集状态,增强了分子间的作用力,所以使高聚物的强度、硬度、刚度、熔点、耐热性和耐化学性等性能都有所提高。而与链运动有关的性能,如弹性、伸长率和冲击强度等则会降低。

无定型高聚物的质点不是完全无序的,而是大距离范围内有序小距离范围内无序,即远程有序近程无序。体形高聚物由于分子链间存在大量交联链,分子链难以作有序排列,所以都具有无定型结构。

四、高聚物的热力学性能

绝大多数塑料在成型时,为使其获得良好的流动性都要借助加热等手段使成型材料温度升高。聚合物的物理、力学性能与温度密切相关,在温度变化时,树脂聚合物所处的力学状态也必然随之发生变化。

随温度的变化,热塑性材料可以分为三种物理聚集状态,即玻璃态、高弹态和黏流态,如图 1-5 所示。这三种物理状态之间可以相互转变。当聚合物处于不同的状态时,其力学性能的差别也很大,主要表现在材料的变形能力显著不同。因此,不同状态下所适合的成型加工方法也不同。

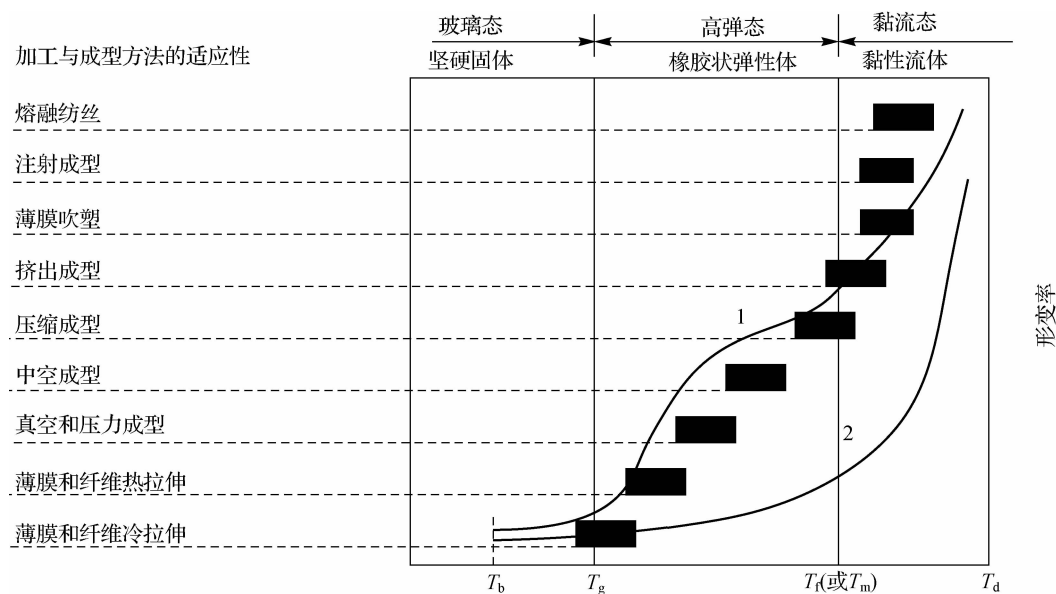


图 1-5 聚合物的温度、力学状态

1—线形无定型聚合物; 2—线形结晶聚合物

1. 玻璃态

温度低于 T_g (玻璃化温度) 的形变率曲线基本水平,高聚物不仅整个分子链不能运动,连单个链节也失去了曲挠性,变得像玻璃那样坚硬,即表现为玻璃态。此时塑料的弹性模量较高,在外力作用下,变形量很小,断裂伸长率一般在 $0.01\% \sim 0.1\%$ 。物体受力的变形符合胡克定律,应变与应力成正比,并在瞬间达到平衡,在极限应力范围内形变具有可逆性。

因此,在玻璃态下聚合物不能进行大变形的成型,只适于进行车削、铣削、钻孔、切螺纹等机械加工。如果将温度降到材料的脆化温度 T_b 以下,材料的韧性会显著降低,在受到外力作用时极易脆断,因此, T_b 是塑料机械加工使用的最低温度,而 T_g 是塑料机械加工使用的上限温度。从使用角度看, T_b 和 T_g 间的距离越大越好。

2. 高弹态

当温度上升,高于 T_g 低于 T_f (黏流化温度) 时,曲线开始急剧变化,但很快趋于水平。高聚物变得像橡胶一样柔软而富有弹性,这种状态称为高弹态。此时塑料的弹性模量显著

降低,在外力作用下变形能力大大提高,断裂伸长率为 $100\% \sim 1\,000\%$,所以发生变形可以恢复,即外力去除后变形量便会随时间逐渐减小直至为零。

聚合物在高弹态下可进行较大变形的成型加工,如压延成型、中空吹塑成型、热成型等。但是,由于高弹态聚合物发生的变形是可恢复的弹性变形,所以将变形后的制品迅速冷却至玻璃态温度以下是确保制品形状及尺寸稳定的关键。

3. 黏流态

当温度继续上升直至高于 T_f 时,变形迅速发展,弹性模量再次很快下降,高聚物即产生黏性流动,成为黏流态,常称为熔体。此时的变形是不可逆的黏性变形,塑料在冷却后能将形变永久保持下去。

当温度过高,超过 T_d (热分解温度)时,大分子链裂解,高聚物降解成为低聚物或单体,不再具有高聚物的性能,材料被破坏(热分解)。所以 $T_f \sim T_d$ 是塑料成型加工的温度范围,这个范围越宽塑料成型加工就越容易进行。在这个范围内可进行注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型等变形大、形状复杂的成型。

上述为线形无定型聚合物的热力学性能,对于完全线形结晶型聚合物,其热力学曲线通常不存在高弹态,只有在相对分子质量较高时才有可能出现高弹态。与 T_f 对应的温度称为熔点 T_m ,是线形结晶型聚合物熔融或凝固的临界温度。线形结晶型聚合物在 $T_g \sim T_m$ 不存在高弹态,当熔点很高时采用一般的成型加工方法则难以成型。如聚四氟乙烯塑件通常采用冷压后高温烧结法成型。与线形无定型聚合物相比较,在低于熔点时,线形结晶型聚合物的形变量很小,耐热性较好。且由于不存在明显高弹态,可在脆化温度至熔点之间应用,其使用温度范围也较宽。

而热固性材料由于分子运动阻力很大,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。

五、高聚物在成型过程中的变化

1. 高聚物的结晶

高聚物由非晶态转化为晶态的过程就是结晶。结晶发生在高温熔体向低温固态转变过程中,在此过程中高聚物分子作稳定规整排列的就是结晶区。同金属的结晶相似,高聚物的结晶过程也是由晶核生成和晶体生长两步组成。

在高聚物主体中,如果它的某一部分的分子链已成为有序高聚物排列,且其大小已能使晶体自发地成长,则该种大小的有序排列的成长微粒即称为晶坯。晶坯在高于熔点时时结时散,处于一种动态平衡状态。温度接近熔点乃至刚刚降至熔点以下时,晶坯依然有时结时散的情况,但某些晶坯还会长大,以至达到临界的稳定尺寸即变成晶核。晶核生成的速率与温度密切相关,若以 ΔQ 表示晶核生成的温度与熔点之间的温差,则当 ΔQ 等于零时,即温度为熔点时,晶核生成的速率为零。 ΔQ 逐渐增大,晶核生成速率很快升高,以至达到一个最大值。这时没有达到临界尺寸的晶坯结多散少,最有利于形成晶核。 ΔQ 继续增大,分子链段的运动阻力会增大,因而晶核的生成速率又会降低,直至接近玻璃化温度时又降为零。此时分子主链的运动停止,因此,晶坯的成长、晶核的生成以及晶体的生长都停止。此时,凡是尚未开始结晶的分子均以无序状态或非晶态保持在高聚物中,从而构成了高聚物中的非晶区。

值得注意的是,在晶核生成的过程中,如果熔体中存在外来的物质,则会大大提高晶核的生成速率(异相成核)。

综上所述,具有结晶倾向的高聚物,在成型的塑件中会不会出现晶体结构,需由成型时塑件的冷却速度来决定。由于结晶度能够影响塑件的性能,所以工业上为了改善由具有结晶倾向的高聚物所制的制件的性能,常采用热处理方法(即烘若干时间)使其非晶粒相转变为晶相,将不太稳定的非晶体结构转为稳定的晶体结构,微小的晶粒转为较大的晶粒等。必须注意的是,适当的热处理可以提高高聚物的性能,但也会由于晶粒的过分粗大而使高聚物变脆,塑件性能反而降低。

2. 高聚物的取向

高聚物在导管内流动的速率在管中心处最大,管壁处为零,在导管截面上各点的速度分布呈扁平的抛物线状。在这种流动情况下,塑料中各自存在的细而长的纤维状填料和高聚物分子,在很大程度上都会顺着流动方向作平行的排列,这种现象常称为取向作用。另外由于同样的原因,热塑性塑料在其玻璃化温度与黏流化温度之间进行拉伸时,也会发生取向作用。显然这些取向作用如果继续存在于塑件中,则塑件就将出现各向异性,各向异性有时也是塑件所需要的,如制造取向薄膜与单丝等,这样就能使塑件沿拉伸方向的抗拉强度与光泽程度有所增加。但在制造许多厚度较大的塑件时,要尽量消除这种各向异性现象。因为塑件中存在的这一现象不仅使取向不一致,而且使各部分的取向程度也有差别,这样就会使塑件在某些方向上的机械强度提高,而在另一些方向上的机械强度降低,甚至发生翘曲或裂纹现象。

3. 高聚物的降解

高聚物成型塑件常常是在高温和应力作用下进行的。因此,高聚物分子可能由于受到热和应力的作用,或由于高温下高聚物中微量水分、酸、碱等杂质及空气中氧的作用,而导致其相对分子质量降低,使高聚物的大分子结构发生化学变化。通常人们将高聚物相对分子质量降低的现象称为高聚物的降解,也称裂解。

降解的实质表现为断链、分子链结构的改变、侧基的改变以及它们的综合作用。在成型加工中,高聚物的降解一般都难以完全避免,而降解大多是有害的。轻度降解会使高聚物变色。进一步降解会使高聚物分解出低分子物质,导致相对分子质量降低,塑件出现气泡和流纹等弊病,并因此削弱塑件的各种物理、力学性能。严重的降解会使高聚物焦化变黑,产生大量的分解物质。

对塑件的成型加工来说,在正常操作情况下,热降解是主要的,由力、氧气和水等引起的降解是次要的。

高聚物在成型过程中出现降解后,塑件外观变差,内在质量降低,使用寿命缩短。因此,在加工过程中应设法减少和避免高聚物降解,为此可采取如下措施。

(1)严格控制原材料的技术指标,使用合格的原材料。若原材料不合格,高聚物的稳定性和加工性都会变差,原材料所含杂质可对高聚物降解起催化作用。

(2)使用前对高聚物进行严格干燥处理,特别是聚酯、聚醚和聚酰胺等吸湿性强的塑料,使用前通常应将水分质量分数降低到0.05%以下。

(3)确定合理的加工工艺和加工条件,使高聚物在不易产生降解的条件下加工成型,这

对于那些热稳定性差、加工温度和分解温度非常接近的高聚物尤为重要。

(4)采用结构良好的成型加工设备和模具。

(5)当加工温度较高时,在配方中考虑使用抗氧化剂、稳定剂等,以加强高聚物对降解的抵抗能力。

4. 高聚物的交联

高聚物在加工过程中,形成立体网状分子结构的反应称为交联,通过交联反应可产生体形高聚物。和线形高聚物相比,体形高聚物的机械强度、耐热性、耐溶剂性、化学稳定性和塑件的形状稳定性均有所提高。交联反应主要发生在热固性聚合物的成型过程中,例如,采用压缩、压注和层压等成型方法来生产热固性塑料制品的过程,就是典型的交联反应。在加工热塑性材料时,由于加工条件不当或原料不纯等,也可能在高聚物中引起交联反应,但这种交联是非正常的,会使高聚物性能变坏,在加工时应尽量避免。

高聚物的交联反应很难完全进行。高聚物的交联度高,说明交联反应进行的程度深。在交联反应进行的同时,高聚物逐渐失去了可溶性。交联度不宜过高或过低,过高的交联度会引起高聚物发脆、变色和起泡;交联度过低,会导致高聚物的机械强度、耐热性等较差,塑件表面灰暗,易产生细微裂纹,吸水量也大。在塑料成型工业中,交联一词常常用硬化代替。交联度过低称为“硬化不足”,反之称为“硬化过度”。一般来说,加工温度高则交联速度快,硬化时间长则交联度高。加工过程中的流动、搅拌等都有利于交联反应的速度加快。

但所谓“硬化得好”或“硬化得完全”并不意味着交联反应进行得完全,而是指交联作用发挥到一种最为适宜的程度,以至于塑件的物理性能、力学性能等达到最佳。显然,交联程度不会达到100%,但是硬化程度却可以。一般硬化程度大于100%的为“过熟”,反之则为“欠熟”。

六、塑料的工艺性能

塑料的工艺性能是指塑料在成型加工过程中表现出来的特有性能,有些性能直接影响成型方法和工艺参数的选择;有些性能直接影响塑件的质量,同时也影响着模具的设计;有些则只与操作有关。下面就热塑性塑料和热固性塑料的工艺性能分别进行讨论。

1. 热塑性塑料的工艺性能

热塑性塑件的成型工艺特性包括收缩性、流动性、相容性、吸湿性、热敏性和水敏性等。

1) 收缩性

塑件自模具中取出冷却到室温后,各部分尺寸都比原来在模具中的尺寸有所缩小,这种性能称为收缩性。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。由于成型模具材料与塑料的线膨胀系数不同,收缩率分为实际收缩率 S_a 和计算收缩率 S_j 。这两种收缩率的计算可按下列公式求得。

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

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

式中, a 为塑料模具型腔在成型温度时的尺寸(mm); b 为塑料制品在常温时的尺寸(mm); c 为塑料模具型腔在常温时的尺寸(mm)。

塑料收缩的形式除由于热胀冷缩、塑件脱模时的弹性恢复及塑性变形等原因产生的尺寸线性收缩外,还有按塑件形状、料流方向及成型工艺参数的不同产生的后收缩。影响塑件成型收缩的因素主要有以下几种。

(1)塑料品种。各种塑料都有其各自的收缩率范围,即使同一种塑料由于相对分子质量、填料及配比等不同,其收缩率及各向异性也不同。

(2)塑件结构。塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及布局等,对收缩率值有很大影响,如塑件壁厚则收缩率大,有嵌件则收缩率小。

(3)模具结构。模具的分型面、加压方向、浇注系统形式、布局及尺寸等对收缩率影响也很大,尤其是在挤出和注射成型中更为明显。

(4)成型工艺。挤出成型和注射成型一般收缩率大,方向性也很明显。塑料的装料形式、预热情况、成型温度、成型压力、保压时间等对收缩率及方向性都有较大影响。例如,采用压锭加料、进行预热、采用较低的成型温度、较高的成型压力,延长保压时间等均是减小收缩率及方向性的有效措施。

收缩率不是一个固定值,而是在一定范围内变化的,这个波动范围越小,塑件尺寸精度就越容易保证,否则就难以控制。在进行模具设计时应根据以上因素综合考虑选取塑料的收缩率;对精度要求高的塑件应选取收缩率波动范围小的塑料,并留有试模后修正的余地。

2)流动性

在成型加工中,塑料熔体在一定的温度与压力作用下充填模腔的能力,称为塑料的流动性。塑料的流动性好坏,在很大程度上影响了成型工艺的许多参数,如成型温度、压力、周期、模具浇注系统的尺寸及其他参数。所以在决定参数大小与壁厚时,也要考虑流动性的影响。

流动的产生实质上是分子间相对滑移的结果。流动性主要取决于分子组成、相对分子质量及其结构。只有线形分子结构而没有或很少有交联结构的高聚物的流动性好,而体形结构的高分子一般不产生流动。高聚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。流动性差的塑料,在注射成型时不易充填模腔,易产生缺料,在塑料熔体的汇合处不能很好地熔接而产生熔接痕,这些缺陷甚至会导致零件报废;相反,若材料流动性太好,在注射时易产生流涎,造成塑件在分型面、活动成型零件、推杆等处的溢料飞边。因此,在成型过程中应适当选择与控制材料的流动性,以获得满意的塑件。

热塑性塑料的流动性一般应以熔体流动速率来衡量。通过如图 1-6 所示的塑料流动性系数测定仪来测量。在筒内装入一定量的塑料并加热到规定的温度,在特定的压力下将熔融塑料从固定直径的毛细管中压出。每 10 min 所压出的塑料质量即为该塑料的熔体流动速率(g/10 min)。

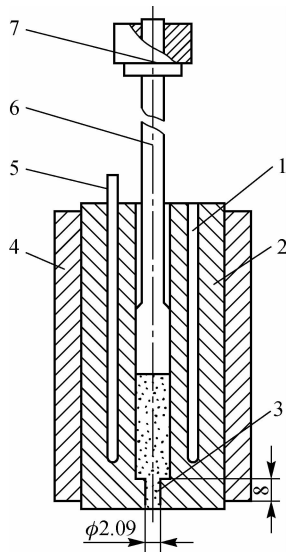


图 1-6 塑料流动性系数测定仪

1—热电偶；2—料筒；3—出料孔；4—保温层；5—加热棒；6—柱塞；7—重锤(加柱塞合计重 2 160 g)

热塑性的塑料按流动性分为 3 类：流动性好的，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、醋酸纤维素等；流动性中等的，如改性聚苯乙烯、ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚醚等；流动性差的，如聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、氟塑料等。

影响流动性的因素主要有以下三个。

(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、聚碳酸酯以及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，则熔体剪切作用大，流动性也增大，尤其是聚乙烯、聚甲醛较为敏感。

(3) 模具结构。浇注系统的形式、尺寸、布置(如型腔表面粗糙度、浇道截面厚度、型腔形式、排气系统)，冷却系统的设计，熔料的流动阻力等因素都会直接影响熔料的流动性。凡促使熔料的温度降低，流动阻力增加的因素，都会使流动性降低。

3) 相容性

相容性又称为共混性，是指两种及以上不同品种的塑料，在熔融状态不产生分离现象的能力。如果两种塑料不相容，则混熔时制件会出现分层、脱皮等表面缺陷。不同塑料的相容性与其分子结构有一定的关系，分子结构相似较易相容，例如高压聚乙烯、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，例如聚乙烯和聚苯乙烯之间的混熔。

通过塑料的这一性质，可以得到类似共聚物的综合性能，是改进塑料性能的重要路径之一，例如聚碳酸酯和 ABS 塑料相熔，就能改善聚碳酸酯的工艺性。

4) 吸湿性

吸湿性是指塑料对水分的亲疏程度。据此塑料大致可以分为两类：一类是具有吸湿性或黏附水分倾向的塑料，例如聚酰胺、聚碳酸酯、ABS、聚苯醚、聚砜等；另一类是吸湿性或黏附水分倾向极小的材料，如聚乙烯、聚丙烯等。

具有吸湿性或黏附水分倾向的塑料,当水分含量超过一定的限度时,由于在成型加工过程中,水分在成型机械的高温料筒中变成气体,促使塑料高温水解,导致塑料降解,使成型后的塑件出现气泡、银丝与斑纹等缺陷。所以在加工成型前,一般都要经过干燥,使水分含量控制在0.2%以下,并要在加工过程中继续保温,以免重新吸潮。

5) 热敏性和水敏性

热敏性是指某些热稳定性较差的塑料,在高温下受热时间较长或浇口截面过小及剪切作用过大时,料温增高就易发生变色、降解、分解的倾向。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,例如硬聚氯乙烯、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等。

热敏性塑料在分解时产生单体、气体、固体等副产物,尤其是有的分解气体对人体、设备、模具都有刺激、腐蚀作用或毒性,同时,有的分解物往往又是促使塑料分解的催化剂。为了防止热敏性塑料在成型过程中出现过热分解现象,可采取在塑料中加入稳定剂、合理选择设备、正确控制成型温度和成型周期、及时清理设备中的分解物等办法。

水敏性是指在高温下熔体对水分降解的敏感性。具有水敏性的塑料,被称为水敏性塑料,如聚碳酸酯等。水敏性塑料在成型过程中,即使含有很多水分,也会在高温及高压下发生水解,因此这类塑料在成型前必须进行干燥处理。

2. 热固性塑料的工艺性能

热固性塑料同热塑性塑料相比,具有制件尺寸稳定性好、耐热好和刚性大等特点,所以在工程上应用十分广泛。热固性塑料在热力学性能上明显不同于热塑性塑料。其主要的工艺性能指标有收缩性、流动性、比体积和压缩比、硬化速度、水分及挥发物含量等。

1) 收缩性

热固性塑料也具有因成型加工而引起的尺寸减小现象,计算方法与热塑性塑料收缩率相同。产生收缩率的主要原因有以下几点。

(1) 热收缩。热胀冷缩引起尺寸的变化。塑料是以高分子化合物为基础组成的物质,其线膨胀系数为钢材的几倍甚至几十倍,制件从成型加工温度冷却到室温时,就会产生远小于模具尺寸的收缩,这种热收缩所引起的尺寸减小是可逆的。收缩量大小可用塑料膨胀系数的大小来判断。

(2) 结构变化引起的收缩。热固性树脂在模腔中进行化学反应,产生交联结构,分子链距离缩小,结构紧密,引起体积收缩。这种由结构变化而产生的收缩,在进行到一定程度时,就不再产生。

(3) 弹性恢复。塑件固化后并非刚体,脱模时,成型压力降低,产生一定弹性恢复,显然弹性恢复降低了制件的收缩率。这在以玻璃纤维和布质为填料的热固性塑料成型时尤为明显。

(4) 塑性变形。塑件在脱模时,成型压力迅速降低,但模壁紧压制件的周围,会产生塑性变形。因此,在平行加压方向塑件收缩往往较小,而在垂直加压方向收缩较大。通常采用迅速脱模的方法来防止这两个方向的收缩率相差过大。

影响收缩性的因素有原材料、模具结构或成型方法及成型工艺条件等,塑料中树脂和填充料的种类及含量直接影响着收缩率的大小。在同类塑料中,填料量多时收缩率小,无机填料比有机填料所得的塑件收缩率小。

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,均能减小塑件

的收缩率,用压缩或压铸成型的塑件比注射成型的塑件收缩率低;凡能使塑件密实,成型前使分子挥发物溢出的工艺因素,都能减小塑件收缩率,例如成型前对酚醛塑料的预热、加压等可降低塑件的收缩率。

2) 流动性

流动性的意义与热塑性塑料流动性相似,但热固性塑料通常以拉西格流动性来表示,而不是用熔融指数(热塑性塑料流动性的测量值)来表示。测定原理如图 1-7 所示,将一定质量的预测量塑料预压成圆锭,将圆锭放入压模中,在一定温度和压力下,测定它从模孔中挤出的长度,数值大则流动性好。

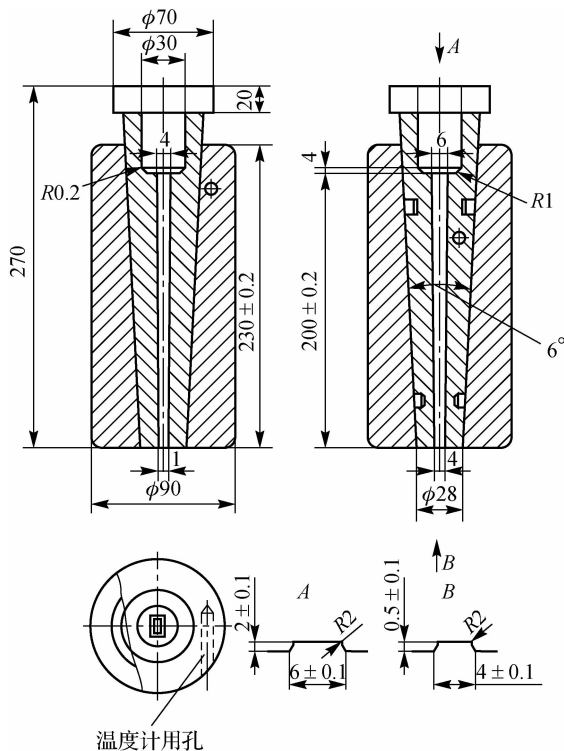


图 1-7 拉西格流动性测定仪

流动性过大容易造成溢料过多,填充不密实,塑件组织疏松,树脂与填料分头聚集,易粘模而使脱模和模具清理困难以及过早硬化等缺陷;流动性过小则容易发生填充不足,不易成型,成型压力增大。因此选用塑料的流动性必须与塑件要求、工艺及成型条件相适应。设计模具时应根据流动性来考虑浇注系统、分型面及进料方向等。

热固性塑料的流动性可分为三个不同等级。

- (1) 拉西格流动值为 100~131 mm,用于压制无嵌件、形状简单、厚度一般的塑件。
- (2) 拉西格流动值为 132~150 mm,用于压制中等复杂程度的塑件。
- (3) 拉西格流动值为 151~180 mm,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。

3) 比体积和压缩比

比体积(比容)是单位质量的松散塑料所占的体积。压缩比是塑料的体积与塑件的体

积之比,其值恒大于1。比体积和压缩比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。若比体积和压缩比较大,则要求模具加料室尺寸要大,这样会使模具体积增大,操作不便,浪费钢材,不利于加热。比体积和压缩比小,使预压锭和压缩、压注容易,而且压锭质量的确定也较准确。但是比体积太小,会影响塑料的松散性,以容积法装料时造成塑件质量不准确。比体积的大小也常因塑料的粒度及颗粒均匀度不同而有误差。

4) 硬化速度

热固性塑料在成型过程中要完成交联反应,即树脂分子由线形结构变成体形结构,这一变化过程称为硬化。硬化速度与塑料品种、塑件形状、壁厚、成型温度及是否预热、预压等有密切关系。例如,采用预压锭、预热、提高成型温度、延长加压时间,都能显著加快硬化速度。此外,硬化速度还应适合成型方法的要求。例如,压注或注射成型时,应要求在塑化、填充时化学反应慢,硬化慢,以保持长时间的流动状态;但当充满型腔后,在高温、高压下应快速硬化,以提高生产率。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,则不能用来制作大型、复杂的塑件。

5) 水分及挥发物含量

塑料中的水分及挥发物来自两个方面:一是塑料在制造中未能全部除尽水分,或在储存、运输过程中,由于包装或运输条件不当而吸收水分;二是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,在很大程度上直接影响塑件的物理、力学和介电性能。塑料中水分及挥发物的含量大,在成型时会产生内压,产生气泡或以应力的形式暂存于塑料中,一旦压力除去后便会使塑件变形、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。此外,水分及挥发物含量过多时,会促使流动性过大,容易溢料。成型周期加长,收缩率增大,塑件容易发生翘曲、波纹及光泽不好等现象。为此,在进行模具设计时应了解这种特征,并采取相应措施。

常见塑料的成型工艺特性见表 1-1。

表 1-1 常见塑料的成型工艺性

塑料名称	成型工艺特性
聚苯乙烯 (PS)	<ul style="list-style-type: none"> ① 无定型料,吸湿性小,不易分解,性脆易裂,热膨胀系数大,易产生内应力。 ② 流动性较好,溢边值 0.03 mm 左右。 ③ 塑件壁厚应均匀,不应有嵌件(如有嵌件应预热)、缺口、尖角等,各面应圆滑连接。 ④ 可用螺杆或柱塞式注射机加工,喷嘴可用直通式或自锁式。 ⑤ 宜用高料温、模温,低注射压力,延长注射时间有利于降低内应力,防止缩孔、变形(尤其对厚壁塑件),但料温高易出银丝,料温低或脱模剂多则透明性差。 ⑥ 可采用各种形式浇口,浇口与塑件应圆弧连接以防止去除浇口时损坏塑件,脱模斜度宜取 2° 以上,顶出均匀以防止脱模不良发生开裂、变形,可采用热浇道结构

续表

塑料名称	成型工艺特性
聚乙烯(低压) (PE)	<ul style="list-style-type: none"> ①结晶性料,吸湿性小。 ②流动性极好,溢边值 0.02 mm 左右,流动性对压力变化敏感。 ③可能发生熔融破裂,与有机溶剂接触可发生开裂。 ④加热时间长则发生分解、烧伤。 ⑤冷却速度慢,因此必须充分冷却,宜设冷料穴,模具应有冷却系统。 ⑥收缩率范围大,收缩值大,方向性明显,易变形、翘曲,洁净度及模具冷却条件对收缩率影响大,应控制模温,保持冷却均匀、稳定。 ⑦应用高压注射,料温均匀、填充速度应快,保压充分。 ⑧不宜用直接浇口,否则会增大内应力,或产生收缩不匀,方向性明显增大变形,应注意选择进料口位置,防止产生缩孔、变形。 ⑨质软易脱模,塑件有浅的侧凹槽可强行脱模
聚氯乙烯(硬质) (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> ①无定型料,吸湿性小,但为了提高流动性,防止产生气泡则宜先干燥。 ②流动性差,极易分解,特别在高温下与钢、铜金属接触更易分解,分解温度为 200 ℃,分解时有腐蚀及刺激性气体产生。 ③成型温度范围小,必须严格控制料温。 ④用螺杆式注射机及直通喷嘴,孔径宜大。不得有死角滞料,滞料必须及时处理清除。 ⑤模具浇注系统应粗短,浇口截面宜大,不得有死角滞料,模具应冷却,其表面应镀铬
聚丙烯 (PP)	<ul style="list-style-type: none"> ①结晶性料,吸湿性小,可能发生熔融破裂,长期与热金属接触易发生分解。 ②流动性极好,溢边值 0.03 mm 左右。 ③冷却速度快,浇注系统及冷却系统应散热缓慢。 ④成型收缩范围大,收缩率大,易发生缩孔、凹痕、变形、方向性强。 ⑤注意控制成型温度,料温低则方向性明显。尤其低温高压时更明显,模具温度低于 50 ℃ 以下塑件不光泽,易产生熔接不良、流痕;90 ℃ 以上时易发生翘曲、变形。 ⑥塑件应壁厚均匀,避免缺口、尖角,以避免应力集中
聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	<ul style="list-style-type: none"> ①无定型料,吸湿性大,不易分解。 ②质脆,表面硬度低。 ③流动性中等。溢边值 0.03 mm 左右,易发生填充不充分、缩孔、凹痕、熔接痕。 ④宜取高压注射,在不出现缺陷的条件下宜取高料温、高模温,可增加流动性,降低内应力及方向性要求,改善透明性及强度。 ⑤模具浇注系统应对料流阻力小,脱模斜度应大,顶出均匀,表面粗糙度好,并注意排气。 ⑥质透明,要注意防止出现气泡、银丝、熔接痕,及滞料分解混入杂质

续表

塑料名称	成型工艺特性
聚酰胺(尼龙) (PA)	<p>①结晶性料,熔点较高,熔融温度范围较窄,熔融状态热稳定性差,料温超过 300℃、滞留时间超过 30 min 易分解。</p> <p>②较易吸湿,成型前应预热干燥,并应防止再吸湿,含水量不得超过 0.3%,吸湿后流动性下降。</p> <p>③流动性极好,溢边值一般为 0.03 mm,易溢料,易发生“流涎现象”,用螺杆式注射机注射时喷嘴宜用自锁式结构,并应加热,螺杆应带止回环。</p> <p>④成型收缩率范围大,收缩率大,方向性明显,易发生缩孔、凹痕、变形等弊病,成型条件应稳定。</p> <p>⑤熔料冷却速度对结晶度影响较大,对塑件结构及性能有明显影响,故应正确控制模温,一般为 20℃~90℃,按壁厚而选。模温低易产生缩孔、结晶度低等现象,对要求伸长率高、透明度高、柔软性较好的薄壁塑件宜取低,对要求硬度高、耐磨性好以及在使用时变形小的厚壁塑件宜取高。</p> <p>⑥成型条件对塑件成型收缩、缩孔、凹痕影响较大。料筒温度按塑料品种、塑件形状及注射机类型选择,柱塞式注射机宜取高,但一般料温不宜超过 300℃,受热时间不宜超过 30 min,料温高则收缩率大,易出飞边。注射压力按注射机类型、料温、塑件形状尺寸、模具浇注系统选择。注射压力高易出飞边,收缩小,方向性强;注射压力低易发生凹痕、波纹。成型周期按塑件壁厚而选,厚则取长,薄则取短。注射时间及高压时间对塑件收缩率、凹痕、变形、缩孔影响较大,为了减少收缩、凹痕、缩孔,一般宜取模温低、料温低、树脂黏度小,注射、高压及冷却时间长,注射压力高的成型条件,以及采用白油作脱模剂。</p> <p>⑦模具浇注系统形式及尺寸与加工聚苯乙烯时相似,但增大流道及进料口截面尺寸可改善缩孔及凹痕现象。收缩率一般按壁厚而取,厚壁取大值,薄壁取小值,模温分布应均匀,应注意防止出飞边,设置排气措施。</p> <p>⑧塑件壁不宜取厚,并应均匀,脱模斜度不宜取小,尤其对厚壁及深高塑件更应取大</p>
聚碳酸酯 (PC)	<p>①定型塑料,热稳定好,成型温度范围宽,超过 330℃才呈现严重分解,分解时产生无毒、无腐蚀性气体。</p> <p>②吸湿性极小,但水敏性强,含水量不得超过 0.2%,加工前必须干燥处理,否则会出现银丝、气泡及强度显著下降现象。</p> <p>③流动性差,溢边值为 0.06 mm 左右。流动性对温度变化敏感,冷却速度快。</p> <p>④成型收缩率小,如成型条件适当,塑件尺寸可控制在一定公差范围内,塑件精度高。</p> <p>⑤可能发生熔融开裂,易产生应力集中(即内应力),应严格控制成型条件。塑件宜采用退火处理消除内应力。</p> <p>⑥熔融温度高,黏度高,对大于 200 g 的塑料应用螺杆式注射机成型。并应加热喷嘴,喷嘴宜用敞开式伸延喷嘴。</p> <p>⑦由于黏度高,对剪切作用不敏感,冷却速度快,模具浇注系统应以粗、短为原则,并宜设冷料穴。浇口宜取直接进料口或圆片或扇形等截面较大的浇口,但应防止内应力增大。为消除进料口附近的残余应力,必要时可采用调节式浇口,模具宜加热,模温一般取 70℃~120℃为宜,应注意顶出均匀。模具应用耐磨钢制作,并淬火。</p> <p>⑧件壁不宜取厚,应均匀,避免有尖角、缺口及金属嵌件造成应力集中,脱模斜度宜取 2°,若有金属嵌件应预热,预热温度一般为 110℃~130℃。</p> <p>⑨料筒温度是控制塑件质量的一个重要因素,料温低时会造成缺料、表面无光泽、银丝紊乱;温度高时易溢边,出现银丝暗条,塑件变色有泡。注射压力不宜取小,冷却速度快,但如模具加热则冷却时间不宜短。</p> <p>⑩模温对塑件质量影响很大,薄壁塑件宜取 80℃~100℃,厚壁塑件宜取 80℃~120℃,模温低则收缩率低,伸长率低,抗冲击强度大,抗弯、抗压、拉伸强度低。模温超过 120℃塑件冷却慢,易变形、粘模,脱模困难,成型周期长</p>

续表

塑料名称	成型工艺特性
聚甲醛 (POM)	<p>①结晶性料,熔融范围很窄,熔融或凝固速度快,结晶化速度快,料温稍低于熔融温度即发生结晶化,流动性下降。</p> <p>②热敏性强,极易分解(但比聚氟乙烯稍弱,共聚比均聚稍弱),分解温度为 240℃,但 200℃ 中滞留 30 min 以上也发生分解,分解时产生有刺激性、腐蚀性气体。</p> <p>③流动性中等,溢边值为 0.04 mm 左右,流动性对温度变化不敏感,但对注射压力变化敏感。</p> <p>④结晶度高,结晶化时体积变化不大,成型收缩范围大,收缩率大。</p> <p>⑤吸湿性低,水分对成型影响极小,一般可不干燥处理。但为了防止树脂表面沾上水分不利成型,加工前可进行干燥并起预热作用,特别对于大面积薄壁塑件改善塑件表面光泽度有较好的效果,干燥一般用烘箱加热,温度为 90℃~100℃,时间 4 h,料层厚度 30 mm。</p> <p>⑥摩擦系数低,弹性高,浅侧凹槽可强迫脱模,塑件表面可带有皱纹花样,但易产生表面缺陷,如毛斑、折皱、熔接痕、缩孔、凹痕等弊病。</p> <p>⑦宜用螺杆式注射机成型,余料不宜过多和滞留太长,一般塑件克量(包括主流道、分流道)不应超过注射机注射量的 75%,或取注射容量与料筒用量之比值为 1:10~1:6。料筒喷嘴等务必防止有死角、间隙,而滞料、预塑时螺杆转速宜取低,并宜用单头、全螺纹、等距、压缩突变型螺杆。</p> <p>⑧喷嘴口径应取大,并采用直通式喷嘴,为防止流涎现象喷嘴孔可呈喇叭形,并设置单独控制的加热装置,以适当地控制喷嘴温度。</p> <p>⑨模具浇注系统对料流阻力要小,进料口宜取厚,要尽量避免死角积料。模具应加热,模温高应防止滑动配合部件卡住,模具应选用耐磨、耐腐蚀材料,并淬硬、镀铬,要注意排气。</p> <p>⑩必须严格控制成型条件,嵌件应预热(一般取 100℃~1500℃),余料一般储存 5~10 个塑件重量的物料即可,料温取稍高于熔点(一般取 170℃~190℃)即可,不宜轻易提高温度。模温对塑件质量影响较大,提高模温可改善表面凹痕现象,有助于熔料流动,塑件内外均匀冷却,防止缺料、缩孔、皱折;模温对结晶度及收缩也有很大影响,必须正确控制,一般取 75℃~120℃,壁厚大于 4 mm 的取 90℃~120℃,小于 4 mm 的取 75℃~90℃,宜用高压、高速注射。塑件可在较高温度时脱模,冷却时间可短,但为防止收缩变形、应力不均,脱模宜将塑件放在 90℃ 左右的热水中缓冷或用整形夹具冷却。</p> <p>⑪在料温偏高,喷嘴温度偏低,高温堆积注射时易发生爆炸性伤人事故,分解时有刺激性气体,料性易燃应远离明火</p>
氯化聚醚 (CPT)	<p>①结晶性料,内应力小,较小内应力在室温下则会自行消失,成型收缩小,尺寸稳定好,宜成型高精度、形状复杂、多嵌件的中、小型塑件。</p> <p>②吸湿性极小,成型前不必预热,如物料表面有水分则可在 80℃~100℃ 的烘箱中干燥 1~2 h 即可使用。</p> <p>③流动性中等,对温度变化敏感,树脂相对分子质量小的熔融黏度低,选低料温即可,反之亦然,成型温度为 180℃~220℃,分解温度为 270℃ 左右,分解时有腐蚀气体产生。</p> <p>④可采用柱塞式和螺杆式注射机加工,宜用直通式喷嘴,孔径可呈喇叭形,宜加热。</p> <p>⑤树脂相对分子质量大,塑件壁厚、成型周期短时一般料筒温度应取高,并宜用高压注射。模温对塑件性能的影响显著,模温高结晶度增加,抗拉、抗弯、抗压强度均有一定程度的提高,坚硬而不透明,但冲击强度及伸长率下降;模温低则反之,性柔韧而半透明,故模温应按要选用。常用 90℃~100℃,最低为 50℃~60℃。成型周期对塑件性能无明显影响。</p> <p>⑥成型时有微量氯化氢等腐蚀气体产生。熔体对金属黏附力强,模具应淬硬、表面镀铬抛光,浇注系统应首先考虑料流方向、阻力和压力损耗,宜取粗、短,尤其对厚壁塑件更应注意,浇口截面应取大</p>

续表

塑料名称	成型工艺特性
苯乙烯-丁二烯- 丙烯腈 三元共聚体 (ABS)	<p>①无定型料,其品种牌号很多,各品种的工艺性能及成型也各有差异,应按品种确定成型方法及成型条件。</p> <p>②吸湿性强,含水量应小于 0.3%,必须充分干燥,要求表面光泽的塑件应要求长时间预热干燥。</p> <p>③流动性中等,溢边值 0.04 mm 左右(流动性比聚苯乙烯、AS 差,但比聚碳酸酯、聚氯乙烯好)。</p> <p>④比聚苯乙烯加工困难,宜取高料温、模温(对耐热、高抗冲击和中抗冲击型树脂,料温更宜取高)。料温对物性影响较大,料温过高易分解(分解温度为 250℃左右,比聚苯乙烯易分解)。对要求精度较高塑件模温宜取 50℃~60℃,要求光泽及耐热型件模温宜取 60℃~80℃。注射压力应比加工聚苯乙烯的高,一般用柱塞式注射机时料温取 180℃~230℃,注射压力取 100~140 MPa;用螺杆式注射机时料温取 160℃~220℃,注射压力取 70~100 MPa。</p> <p>⑤模具设计时要注意浇注系统对料流阻力要小,浇口处外观不良易发生熔接痕,应注意选择浇口位置、形式,防止顶出力过大或机械加工时塑件表面呈现“白色”痕迹(但在热水中加热可消失),脱模斜度宜取 2°以上</p>
聚砜 (PSF)	<p>①无定型料,易吸湿,含水量超过 0.125%即可产生银丝、云母斑、气泡,甚至开裂,应充分干燥,并在使用时防止再吸湿。</p> <p>②宜用螺杆式注射机加工,喷嘴宜用直通式喷嘴并加热,加热前必须彻底清除对温度敏感的树脂,所以最好宜用聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯料进行清洗。</p> <p>③成型性能与聚碳酸酯相似,热稳定性比聚碳酸酯差,分解温度在 360℃左右,可能发生熔融破裂。</p> <p>④流动性差,对温度变化敏感,冷却速度快。</p> <p>⑤要求成型加工温度高,宜用高压成型,压力低易产生波纹、气泡、凹痕,过高则脱模困难。</p> <p>⑥模温以壁厚而定,一般取 90℃~100℃,对加工复杂、长而薄或厚壁塑件则取 140℃~150℃。</p> <p>⑦模具应有足够刚度和强度,浇注系统应短而粗,散热慢,阻力小,宜取直接式、圆片式、扁平式、侧向进料口,截面厚度宜取塑件壁厚的 1/2~2/3。用针状进料口时直径应取大,进料口宜设在厚壁处,对薄长塑件宜用多点浇口,模具宜设冷料穴</p>
聚苯醚 (PPO)	<p>①无定型料,吸湿性小但宜干燥后加工,易分解(熔点为 300℃,分解温度为 350℃)。</p> <p>②流动性差(介于聚碳酸酯和 ABS 之间),对温度变化敏感,凝固速度小,成型收缩小。</p> <p>③宜用螺杆式注射机,直通喷嘴,孔径宜取 3~6 mm,并应加热,但应比前段料筒温度低 10℃~20℃,防止漏料。</p> <p>④料温在 300℃~330℃时有足够流动性可供加工复杂及薄壁塑料,注射压力宜取高压、高速注射,保压及冷却时间不要太长。</p> <p>⑤模温取 100℃~150℃为宜,可防止过早冷却,提高充模速度,降低料温及注压,改善表面光泽,防止出现分层、熔接痕、皱纹及分解现象。模温低于 100℃时,尤其对于薄壁塑件易造成充模不足、分层。高于 150℃易出现气泡、银丝、翘曲。</p> <p>⑥模具主流道锥度宜大,用拉料钩,浇注系统对料流阻力小,冷却慢,进料口壁厚厚,浇道短粗,宜用直接浇口或扇形、扁平等浇口。用针状浇口时截面应大,对长浇道也可以采用热浇道结构</p>

续表

塑料名称	成型工艺特性
氟塑料(聚三氟氯乙烯、聚全氟丙烯、聚偏氟乙烯)	<p>①结晶性料(三氟料结晶化速度快),吸湿性小,聚全氟丙烯易发生熔融破裂。</p> <p>②热敏性料,极易分解,分解时产生有毒、腐蚀气体,三氟料分解温度为 260 °C,偏二氟乙烯料分解温度为 340 °C,必须严格控制成型温度。</p> <p>③流动性差,熔融温度高(偏二氟乙烯成型较方便),成型温度范围窄,要高温、高压成型。</p> <p>④宜用螺杆式注射机成型加工,模具要有足够的强度及刚度,防死角滞料。浇注系统对料流阻力应小,模具应加热,并淬硬镀铬</p>
酚醛塑料(PF)	<p>①适用于压塑成型,部分适用于传递成型,个别适用于注射成型。</p> <p>②原料应预热、排气。</p> <p>③模温对流动性影响大,160 °C时流动性迅速下降。</p> <p>④硬化速度低,硬化时放出热量大</p>
氨基塑料	<p>①适用于压塑成型、传递成型。</p> <p>②原料应预热、排气。</p> <p>③模温对流动性影响大,要严格控制温度。</p> <p>④硬化速度快,注料、合模和加压速度要快</p>
环氧树脂(EP)	<p>①适用于压塑成型、传递成型、封装电子元件。</p> <p>②流动性好,收缩小。</p> <p>③硬化速度快,装料、合模和加压速度要快。</p> <p>④原料应预热,一般不需排气</p>

七、塑料的用途

1. 常用热塑性塑料的性能和用途

常用热塑性塑料的性能和用途见表 1-2。

表 1-2 常用热塑性塑料的性能和用途

塑料名称	性能	用途
聚氯乙烯(PVC)	<p>聚氯乙烯是由氯乙烯聚合而成的,聚乙烯可用块形聚合、清化聚合物或乳液聚合方法进行聚合。聚氯乙烯分软、硬两种。</p> <p>①硬聚氯乙烯的相对密度为 1.38~1.43。优点:力学强度高,电性能优良,耐酸碱的抵抗力极强,化学稳定性极强。缺点:软化点低。</p> <p>②软聚氯乙烯的拉伸强度、弯曲强度、冲击韧性等均较硬聚氯乙烯低,而破断时的拉伸率较高</p>	<p>①硬聚氯乙烯制品有管、棒、板、焊条、离心泵、通风机、输油管、酸碱泵的阀门、容器等。</p> <p>②软聚氯乙烯制品有储槽、薄板、薄膜、电线绝缘层、密封盖、耐酸碱软管等</p>

续表

塑料名称	性能	用途
聚乙烯 (PE)	<p>按聚合物生产方法所采用压力的不同可分为高压、中压和低压其三种。</p> <p>①高压聚乙烯,由于有较低的密度、相对分子质量、结晶度,因此质地柔软。</p> <p>②中压聚乙烯,在这三种聚乙烯中的耐化学品性最好,耐溶剂性、透气性、透湿性较高,电性能优良,机械性能最好。</p> <p>③低压聚乙烯,由于含有较高的相对分子质量、密度、结晶度,因此质地坚硬,耐寒性能良好,在-70℃时还保持柔软。化学稳定性很高,能耐酸碱及有机溶剂。吸水性极小,有突出的电气性能和良好的耐辐射性。用火焰喷涂法或静电喷涂法涂于金属表面,可以达到减摩和防腐的目的。缺点是力学强度不高,热变形温度很低,故不能承受较高的载荷</p>	<p>化学设备中储槽的耐腐蚀涂层衬里,化工耐腐蚀管道、阀门、衬套、滚珠框,以代替铜和不锈钢。高频水底电缆或一般电缆的绝缘层。晶体管收音机磁棒天线夹具</p>
聚苯乙烯 (PS)	<p>具有一定的力学强度,化学稳定性及电气性能都较好,透光性好,着色性佳,并易于成型。它的优点是差不多完全耐水。缺点是耐热性较低,刚性较脆,而且其制品由于内应力大容易破裂,仅能在低负荷和不高的温度(60℃~75℃)下使用</p>	<p>各种仪表外壳、骨架、仪表指示灯、灯罩、汽车灯罩、化工储酸槽、酸输送槽(特别如氢氟酸)、化学仪器零件、电讯零件,由于透明度好,可用于制作光学仪器零件及透镜</p>
苯乙烯-丁二烯-丙烯腈三元共聚体(ABS)	<p>ABS是三元共聚物,因此兼有三种组元的共同性能,使其具有“坚韧,质硬,刚性”的特点。ABS树脂具有较高冲击韧性和力学强度,尺寸稳定,耐化学性及电性能良好,易于成型和机械加工等特点。此外,表面还可镀铬,成为塑料涂金属的一种常用材料,另外,ABS与有机玻璃熔接性良好,可作双色成型塑料</p>	<p>在机械工业系统中用来制造凸轮、齿轮、泵叶轮、轴承、电机外壳、仪表外壳、蓄电池槽、水箱外壳、手柄、冰箱衬里等,汽车工业中用来制造驾驶盘、热空气调节管、加热器等,还可供制造电视机、晶体管收音机外壳</p>
聚丙烯 (PP)	<p>聚丙烯的主要特点是相对密度小,约为0.9。它的力学性能如屈服强度、拉伸强度、压缩强度、硬度等,均优于低压聚乙烯。并有很突出的刚性,耐热性较好,可在100℃以上使用。若不受外力,则温度升到150℃也不变形。基本上不吸水,并且有较好的化学稳定性,除对浓硫酸、浓硝酸有反应外,几乎都很稳定。高频电性能优良,且不受温度影响,成型容易。缺点是耐磨性不够高,成型收缩率较大,低温呈脆性,热变形温度也较低</p>	<p>可制作法兰、齿轮、接头、泵叶轮、汽车零件、化工管道、容器设备等,并可用作衬里、表面涂层,如录音带、医疗仪器手术仪器等</p>
聚甲基丙烯酸酯 (PMMA)	<p>俗称有机玻璃,其透明性好,透光率可达92%,优于普通硅玻璃。有机玻璃密度为1.18g/cm³,比普通硅玻璃轻一半。机械强度为普通硅玻璃的10倍以上。其轻而坚韧,容易着色,有较好的电气绝缘性能。化学性能稳定,能耐一般的化学腐蚀,但能溶于芳烃、氯化烃等有机溶剂。尺寸在一般情况下稳定。最大缺点是表面硬度低,易被硬物擦伤拉毛</p>	<p>用于制造具有一定透明度和强度要求的制品。如飞机和汽车的窗玻璃,飞机仓罩、光学镜片、车灯灯罩、透明管道,在工业、化工、教学器材、日用品等方面应用广泛</p>

续表

塑料名称	性能	用途
聚碳酸酯 (PC)	聚碳酸酯的冲击强度特别突出,在一般热塑性树脂中是优良的。它的弹性模量较高,受温度影响极小,耐热温度为120℃,耐寒温度达到-100℃才脆化。尺寸稳定性高,耐腐蚀性、耐磨性均良好。但存在着高温下对水的敏感性,长期浸在沸水中会引起水解或裂开。在成型加工时控制不当容易发生制品开裂现象。在某些化学试剂(如四氯化碳)中聚碳酸酯可能会产生“应力开裂”。但聚碳酸酯还可用玻璃纤维来增强,使其具有更高的刚性和力学强度,并能消除聚碳酸酯可能存在的“应力集中”现象	用来制造齿轮、蜗杆、齿条、凸轮、心轴、轴承、铰链、传送链、螺栓、螺帽、垫圈、铆钉、泵叶轮、汽车化油器部件、车灯灯罩、闪光灯灯罩、节流阀、润滑油输油管、各种外壳、容器、冷冻和冷却装置零件、电器接线板、线圈骨架、酸性蓄电池槽、高温透镜等
聚苯醚 (PPO)	聚苯醚也称聚苯撑氧。最大的特点是有宽广的使用温度范围,长期使用温度范围为-126.7℃~+121℃,无载荷情况下间断工作可达204℃,已达到一般热固性塑料的水平。另一个特点是具有卓越的耐水及蒸汽性能,可经受蒸汽消毒,因此可作为外科医疗器械来代替不锈钢。缺点是成型比较困难,有应力开裂倾向以及较低的疲劳强度	在机电工业中可用作较高温度下工作的齿轮、轴承、凸轮、运输机械零件、泵叶轮、鼓风机叶片、水泵零件、化工用管道、阀门以及自来水工程零件,能代替不锈钢作各种化工设备及零部件、螺钉、紧固件、连接件、电机绕线转子、转子、机壳,以及电子设备零件盒、高频印刷线路板、医疗外科手术器械等
氟塑料 (PVF)	氟塑料是含氟塑料的名称(也称塑料王),它与其他塑料相比,具有更优越的耐高温、低温、耐腐蚀、耐气候性、电绝缘性能、不吸水以及低的摩擦因数等特性,其中尤以聚四氟乙烯最为突出。长期使用温度范围为-195℃~+250℃,高温下工作240h,其力学性能不降低。化学稳定性较好,甚至在“王水”中煮沸,其重量、性能均无变化。其还具有比较突出的低摩擦因数(0.04),是塑料中最低的一种。电性能方面,具有无极性、不吸湿、耐热等,因此是一种优良的介电绝缘材料。缺点是不能采用注射法成型,只能用粉末冶金那样的烧结方法成型	化工机械方面用来制造耐腐蚀零件,如薄壁烧杯、反应器、活门、阀门等,电工、无线电、雷达设备中用作高频电缆、电容线圈架、电机槽等的绝缘件。医疗方面用作外科手术的人工心肺装置、血管、消毒保护器等。密封零件方面用作密封圈、缓冲杯、阀座等

2. 常用热固性塑料的性能和用途

常用热固性塑料的性能和用途见表1-3。

表 1-3 常用热固性塑料的性能和用途

塑料名称	性能	用途
酚醛塑料 (PF)	<p>酚醛塑料是一种产量较大的热固性塑料,它是以酚醛树脂为基础而制得的。酚醛树脂本身很脆,呈琥珀玻璃状态,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。酚醛塑料可分为4类:层压塑料、压塑料、纤维状压塑料、碎屑状压塑料。</p> <p>酚醛塑料与一般热塑性塑料相比,刚性好、变形小、耐热、耐磨,能在150℃~200℃温度范围内长期使用;在水润滑条件下,有极低的摩擦因数;其电绝缘性能优良。酚醛塑料的缺点是质脆,抗冲击强度差</p>	<p>酚醛层压塑料根据所用填料不同,有各种层压塑料。布质及玻璃布酚醛层塑料有优良的力学性能、耐油性能以及一定的介电性能,可用于制造齿轮、轴轮、导向轮、无声齿轮、轴承及用于电工结构材料和电气绝缘材料;木质层压塑料适用于制作水润滑冷却下工作的轴承及齿轮等;石棉布层压塑料主要用于高温下工作的零件。</p> <p>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、耐酸泵叶轮、齿轮和凸轮等</p>
氨基塑料 (MF、UF)	<p>氨基塑料主要有以下两种:</p> <p>①脲-甲醛塑料(UF),又称电玉粉,纯净的脲-甲醛塑料无色透明,着色性能特别优越。制件形同玉石,表面硬度较高,耐电弧性较好,能耐弱酸弱碱,但耐水性差。</p> <p>②三聚氰胺-甲醛塑料(MF),又称密胺塑料,无毒、无味,制件外观可与瓷器媲美,硬度、耐热性、耐水性均比脲-甲醛塑料好,耐电弧性较好,耐碱酸,但价格较贵</p>	<p>①脲-甲醛塑料通常用来制造电子绝缘零件,如插座、开关、旋钮等,它还可作为木材的粘结剂,制造胶合板。</p> <p>②三聚氰胺-甲醛塑料是制作塑料餐具和桌面装饰层压塑料板的主要材料,也广泛用于制造电子绝缘零件</p>
环氧树脂 (EP)	<p>环氧树脂是含有环氧基的高分子化合物。未固化之前,它是线性的热塑性树脂,只有在加入固化剂(如胺类和酸酐等化合物)交联成不溶的体形结构的高聚物之后,才有作为塑料的实用价值。</p> <p>环氧树脂种类繁多,应用广泛,有许多优良的性能,其最突出的特点是粘结能力很强,是人们熟悉的“万能胶”的主要成分。此外,环氧树脂还耐化学药品、耐热,电气绝缘性能良好,收缩率小,比酚醛塑料有更好的力学性能。其缺点是耐气候性差,耐冲击性低,质地脆</p>	<p>环氧树脂可用作金属和非金属材料的粘合剂,用于封装各种电子元件,配以石英粉等能浇铸各种模具,还可以作为各种产品的防腐涂料</p>

任务实施

一、选用塑料材料

矩形上罩壳为工程类零件,要求强度性能良好,需大批量生产,要求成型工艺性能好。通过查阅《常用塑料的性能及应用》等资料,对多种塑料进行综合比较,材料品种可选择通用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)和聚碳酸酯(PC)。但是,聚碳酸酯存在着高温下对水的敏感性,长期浸在沸水中会引起水解或裂开,在成型加工时控制不当容易发生制品开裂现象。所以本任务中上罩壳的塑料原材料选用ABS。

二、分析塑件材料使用性能和工艺性能

通过查阅相关塑料模具设计资料可知,丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)是丙烯腈、丁二烯、苯乙烯 3 种单体的共聚物,其具有“坚韧、质硬、刚性”的特性,价格便宜,原料易得,是目前产量最大、应用最广的工程塑料之一。ABS 无毒、无味,呈微黄色或白色的不透明粒料,成型的制件有良好的光泽,密度为 $1.02\sim 1.05\text{ g/cm}^3$ 。ABS 树脂具有较高冲击韧性和力学强度,尺寸稳定,耐化学性及电性能良好,易于成型和进行机械加工等特点。

1. 使用性能

ABS 的使用性能见表 1-4。

表 1-4 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)的使用性能

英文名称: Acrylonitrile Butadiene Styrene

比重: 1.05 g/cm^3

成型收缩率: $0.4\%\sim 0.7\%$

成型温度: $200\text{ }^\circ\text{C}\sim 240\text{ }^\circ\text{C}$

干燥条件: $80\text{ }^\circ\text{C}\sim 90\text{ }^\circ\text{C}, 2\text{ h}$

塑料性能	<p>①综合性能较好,冲击强度较高,化学稳定性、电性能良好。</p> <p>②与 372 有机玻璃的熔接性良好,可制成双色塑件,且可表面镀铬、喷漆处理。</p> <p>③有高抗冲、高耐热、阻燃、增强、透明等特性。</p> <p>④流动性比 HIPS 差一点,比 PMMA、PC 等好,柔韧性好</p>	适于制作一般机械零件,减磨耐磨零件、传动零件和电信零件
------	--	-----------------------------

2. 工艺性能

- (1)易吸水,成型加工前应进行干燥处理,表面光泽要求高的塑件应长时间预热干燥。
- (2)流动性中等,溢边值为 0.04 mm 左右。
- (3)壁厚和熔料温度对收缩率影响极小,塑件尺寸精度高。
- (4)比热容低,塑化效率高,凝固快,成型周期短。
- (5)表观黏度对剪切速率的依赖性很强,因此模具设计中大都采用点浇口形式。
- (6)顶出力过大或机械加工时塑件表面呈现“白色”痕迹(但在热水中加热可消失),脱模斜度宜取 2° 以上。
- (7)易产生熔接痕,模具设计时应注意尽量减少浇注系统对料流的阻力。
- (8)宜采用高料温、高模温、高注射压力成型。在要求塑件精度高时,模具温度可控制在 $50\text{ }^\circ\text{C}\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$;而在强调塑件光泽和耐热时,模具温度应控制在 $60\text{ }^\circ\text{C}\sim 80\text{ }^\circ\text{C}$ 。



思考与练习

1. 列举日常生活中常用塑料制品的名称,根据使用性能要求合理选择塑料种类,简述这种塑料的特点。
2. 塑料一般由哪些成分组成?各自有什么作用?
3. 什么是塑料的收缩率?影响塑料收缩率的因素有哪些?
4. 塑料如何分类?各有什么特点?
5. 选择塑件的原材料时应从哪些方面考虑?

任务二 确定塑料成型方法及工艺过程

能力目标

- 具有合理选择塑料成型方法的初步能力；
- 具有能够编制切实可行的塑料制品成型工艺规程的能力。

知识目标

- 掌握注射模塑成型原理、成型工艺过程及特点；
- 了解其他各类塑料成型工作原理、成型工艺过程及特点；
- 熟悉不同的模塑成型方法之间的区别。

任务引入

塑料的成型方法是指将塑料原料制造成最终塑料产品的方法和技术条件。常用的成型方法有注射成型、挤出成型、压缩成型、压注成型、中空吹塑成型等。与之对应的塑料模具分别称为注射模、挤出模、压缩模、压注模和中空吹塑模等。

在确定塑料制品成型方法前应考虑所选择塑料的种类、制品生产批量、模具成本及不同成型方法的特点、应用范围。然后根据塑料的成型工艺特点及不同成型方法的工艺过程确定所生产制品的成型工艺过程。

本任务以图 1-2 所示的矩形上罩壳塑件为载体,确定合理的成型方法及工艺过程。

相关知识

一、注射成型

塑料的注射成型,俗称注塑成型,是热塑性塑料普遍采用的一种成型工艺,其对应的成型模具称为塑料注射模,俗称注塑模。

1. 注射成型原理

注射成型所用的设备是注射机(俗称注塑机)。目前,注射机的种类很多,其中螺杆式注射机是应用最为广泛的一类,注射机的具体结构我们将在任务五中详细讲解。

注射成型是通过注射机来实现的,如图 1-8 所示为螺杆式注射机的注射成型原理图。将粒状或粉状的塑料加入注射机料筒,经加热熔融后,由注射机的螺杆高压高速推动熔融塑料通过料筒前端喷嘴,快速射入已经闭合的模具型腔,见图 1-8(a);充满型腔的熔体在受压情况下,经冷却固化而保持型腔所赋予的形状,见图 1-8(b);然后打开模具,取出获得的成型塑件,见图 1-8(c)。这个过程也就是一个成型周期。

生产过程就是不断地重复上述周期。成型周期的长短由塑件的尺寸、形状、厚度、模具