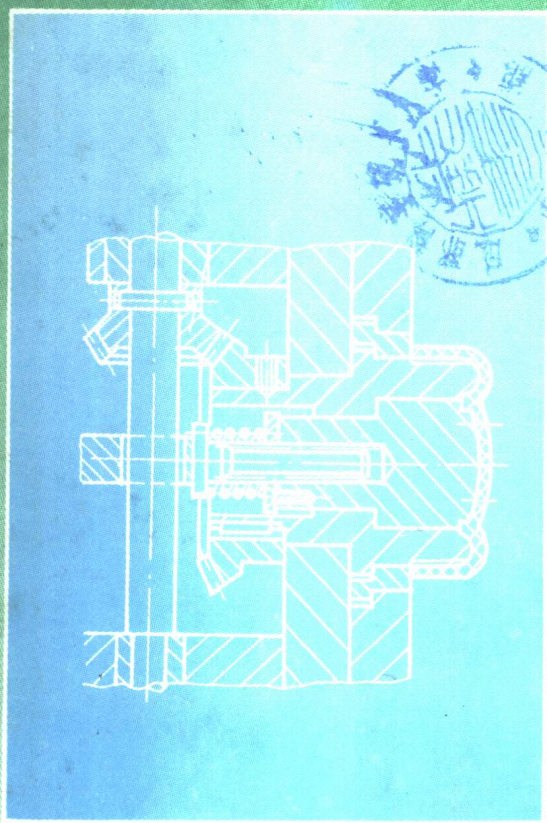


中等专业学校教材

993736

型腔模设计

李学锋 主编



西北工业大学出版社

993736

中等专业学校教材

型腔模设计

李学锋 主 编
徐政坤 李学锋 编

西北工业大学出版社

1996年6月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】本书主要介绍塑料的模塑成型工艺与金属压铸成型工艺,阐述了上述模具的结构及零部件设计与计算方法、设计程序、模具的加热与冷却装置设计、模具材料、简单地叙述了锻模、熔模铸造压型、橡胶模的设计要点等。本书可作为中等专业学校工模具设计与制造类专业的教材,也可供从事模具设计的有关人员参考。

中等专业学校教材

型腔模设计

李 锋 主 编

责任编辑 王俊轩

责任校对 樊印钱

© 1996 西北工业大学出版社出版发行
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)

全国各地新华书店经销

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0796-4/TH·45(课)

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:26.5 字数:646 千字
1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷
印数:1-5 000 册 定价:21.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

本教材是根据航空工业总公司中专机械类专业教材编审委员会的规划和《型腔模设计》教学大纲编写的,经机械类专业编审小组审定并推荐出版,作为“工模具设计与制造专业”教材,也可供从事模具设计的有关人员参考。

本书由成都航空工业学校李学锋主编,徐政坤参编,杨和笙、沈纫秋、赵文治担任主审。全书共分八章,其中李学锋编写绪论,第一、二、三、七、八章,徐政坤编写第四、五、六章。

本课程的教学参考时数为 84 学时。本书主要介绍了塑料的模塑成型工艺与金属压铸成型工艺,阐述了上述模具的结构及零部件设计与计算方法、设计程序、模具的加热与冷却装置设计、模具材料,简单地叙述了锻模、熔模铸造压型,橡胶模的设计要点。

在本书收集资料和编写过程中,承蒙成都飞机公司李惠英高级工程师及张仁安为本书提供了大量插图,在此深表谢忱。

由于编写水平有限,错误难免,敬希不吝批评指正。

编 者

1996 年 1 月

6A-15117

目 录

绪论	1
第一章 塑料模塑与金属压铸成型的工艺要点	4
§ 1-1 塑料的工艺性能	4
§ 1-2 塑料压缩模塑工艺	10
§ 1-3 塑料压注模塑工艺	20
§ 1-4 塑料注射模塑工艺	22
§ 1-5 塑件的工艺性	41
§ 1-6 压铸合金的工艺性能	61
§ 1-7 金属压铸工艺	63
§ 1-8 压铸件的工艺性	78
§ 1-9 模塑工艺规程的编制	84
思考与练习题	89
第二章 塑料模具设计基础	91
§ 2-1 塑料模具的分类及其组成	91
§ 2-2 成型零件的设计	100
§ 2-3 结构零件的设计	130
§ 2-4 加热和冷却装置的设计	138
思考与练习题	148
第三章 塑料压缩模设计	149
§ 3-1 压缩模的类型与结构组成	149
§ 3-2 压机有关工艺参数的校核	152
§ 3-3 压缩模的设计	156
§ 3-4 压缩模的典型结构	178
思考与练习题	181
第四章 塑料压注模设计	182
§ 4-1 压注模的类型及特点	182
§ 4-2 液压机的选择	185
§ 4-3 压注模的设计要点	186
§ 4-4 压注模的典型结构	195
思考与练习题	200

第五章 塑料注射模设计	201
§ 5-1 注射模类型与结构组成.....	201
§ 5-2 注射机有关工艺参数的校核.....	205
§ 5-3 普通浇注系统的设计.....	211
§ 5-4 推出机构的设计.....	233
§ 5-5 侧向分型与抽芯机构的设计.....	257
§ 5-6 无流道注射模.....	281
§ 5-7 热固性塑料注射模.....	291
§ 5-8 注射模的典型结构.....	296
§ 5-9 注射模设计的一般程序.....	306
思考与练习题.....	308
第六章 金属压铸模设计	309
§ 6-1 压铸模的结构组成.....	309
§ 6-2 压铸机有关工艺参数的校核.....	310
§ 6-3 压铸模的设计.....	313
§ 6-4 压铸模的典型结构.....	347
思考与练习题.....	352
第七章 其它型腔模设计概论	355
§ 7-1 锻模.....	355
§ 7-2 熔模铸造压型.....	366
§ 7-3 橡胶模.....	373
思考与练习题.....	378
第八章 模具材料	379
§ 8-1 对模具零件材料的要求.....	379
§ 8-2 常用模具钢材.....	379
§ 8-3 材料的选择和热处理.....	381
§ 8-4 国外概况.....	384
思考与练习题.....	386
附录	387
附表 1 塑料及树脂缩写代号.....	387
附表 2 常用热塑性塑料的主要技术指标.....	390
附表 3 常用热固性塑料的主要技术指标.....	393
附表 4 常用热固性塑料的成型特性.....	396
附表 5 常用热塑性塑料的成型特性.....	396

附表 6	常用热固性塑料模塑成型工艺参数	399
附表 7	一般热固性塑料产生废品的类型、原因及处理方法	400
附表 8	常用热塑性塑料注射成型的工艺参数	402
附表 9	注射模塑的缺陷及其可能产生原因的分析	405
附表 10	常用于压铸的铸造锌合金的化学成分及机械性能(GB1175-74)	407
附表 11	常用于压铸的铸造铝合金的化学成分(GB1173-71)	408
附表 12	常用于压铸的铸造铝合金的机械性能(GB1173-74)	409
附表 13	常用于压铸的铸造镁合金的化学成分及机械性能(GB1177-74)	409
附表 14	常用于压铸的铸造黄铜合金的化学成分及机械性能(GB1176-74)	410
附表 15	压铸件的常见缺陷及其可能产生的原因	410
主要参考文献		414

绪 论

一、模具工业在国民经济中的地位和作用

模具是机械工业的基础。现代工业的发展与新技术的开拓,很大程度上取决于模具工业的实际水平。据国外预测,到2000年时,机器零件中75%的粗加工和50%的精加工,将由模具加工来完成。1989年3月国务院颁布的“关于当前产业政策重点的决定”中,把模具制造列为机械工业技术改造序列的第一位,生产和基本建设序列的第二位,确定了模具工业在国民经济中的重要地位。

模具的应用极为广泛。电子和电子产品,办公室和家用电器产品及日用品、轻工和机械产品、军工和航空工业产品的很大一部分零件,都是借助模具成型的,它能显著提高生产效率、产品质量与经济效益。模具的使用覆盖了冲压、锻造、压铸,塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金与陶瓷加工等众多产业领域。它是少、无切削加工的主要手段,在节约资源与能源方面起着难以估量的作用。

二、模具技术的发展趋势

随着工业产品的不断发展和生产技术的不断提高,无论从数量上和质量上对模具要求都越来越高。高效率、自动化、大型、微型、精密、高寿命的模具在整个模具产量中所占的比重越来越大。从模具设计和制造技术角度来看,模具技术的发展趋势可归纳为以下几个方面。

(一) 发展模具新品种、新结构

为适应高速、自动、精密、安全现代化生产需要,模具将向高效率、高精度、高寿命方向发展;为适应多品种小批量产品的不断开发,需要大力发展快速经济模具。

在模具品种方面,塑料模、压铸模、锻模的比例在逐步上升。由于塑料工业的飞速发展,很多零件将由塑料取代金属,压铸也将由有色金属压铸发展到黑色金属压铸;模具品种将有所增加。为适应产品变型,必须转向多品种小批量生产,因此发展快速经济模具是方向,包括低熔点合金模具、喷涂成型模具、电铸模具、精铸模具、叠层模具、陶瓷吸塑模具、环氧树脂模具以及光造型等模具。此外,由于模具成型零件日趋大型化,大型模具将会得到迅速发展。

在模具结构方面,为了提高效率,降低生产成本将向多型腔、高效自动、节能省材等方向发展。如高效冷却以缩短成型周期、各种能可靠地自动脱出产品和流道凝料的脱模机构和热流道浇注系统的注射模等,不仅提高了自动化程度,而且热流道技术的模具因不再有浇注系统,可以大幅度节约原材料。对于逐渐增多的、要求高效率自动化生产的一些精密、小型、复杂形状和多种材料构成的零件,其模具结构将越来越复杂,以满足多工序化和自动化的要求。

(二) 计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)

随着工业生产的快速发展,工业造型的零件形状日益复杂,有些具有三维曲面,大部分模具又是单件生产,因此,设计和加工工作量日益增大,有些已经很难用传统的模具设计和制造方法来完成。所以模具计算机辅助工程计算(CAE)、计算机辅助设计和辅助制造(CAD/

CAM)的技术必将有更大的发展。目前,工业先进国的 CAD/CAM 发展迅速,波及面广、冷冲模、锻模注射模,压铸模等都在不同程度上应用 CAD/CAM 技术。对于塑料成型和压铸,通过计算机能全面分析塑料注射过程从流道平衡到熔体流动,保压和冷却各个注射工艺过程,为注射模设计提供依据,并可利用建立几何模型产生的数据生成 NC 纸带或输出 NC 数据,直接控制机床来加工模具;能对铸件的凝固过程的传热,对熔融合金的流动条件,横浇道和内浇口的结构特征以及压射缸等参数进行分析,从而确定压铸工艺主要参数的最佳值,并通过数字控制系统(NC)的程序,详细地描述加工压铸模、浇注系统座标点的数据,将其录制成磁带以便进行电火花加工或直接加工(EDM)。

采用 CAD/CAM,可以节省时间,提高生产率。与传统的模具制造方法相比,一般可缩短一半或更多的时间。采用 CAD 可以大幅度地降低成本,计算机的高速运算和绘图机的自动工作大大节省了劳动力,把设计人员从繁冗的计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性的劳动,同时优化设计也带来了原材料的节省。可以说,CAD/CAM 是模具生产走向全盘自动化的根本措施。

(三) 标准化

为了适应大规模地成批生产模具的需要,必须开展模具标准化工作,使模板、导柱等通用零件标准化、商品化,以缩短模具制造周期。

三、本课程的内容、目的和要求

(一) 聚合物的加工

塑料是一种聚合物,通常分为线型与体型两大类。聚合物的加工就是将其转变成制品的一种技术工程。要实现这一转变,就要采取适当的生产工艺,研究这些工艺方法以及获得优质产品的各种因素。

塑料制品的生产是一种既复杂又繁重的过程。它的目的是根据各种塑料固有的性能,利用一切可以实施的方法,使塑料这一聚合物成为具有一定形状而又有使用价值与经济技术效果的物件。由原材料转变为塑料制品的生产系统,包括成型—机械加工—修饰—装配等 4 个连续过程。在加工过程中,聚合物表现出形状、结构和性质方面的变化。形状的转变,就是将粉状或粒状聚合物转变为各种形式的制品。大多数情况下,都是通过聚合物的流动或变形来实现形式的转变。材料结构的变化,包括聚合物组成、组成方式、材料宏观与微观结构的转变,由单一的聚合物组成均质材料制品,以及用不同材料以不同的方式加工成为增强材料之类非均质材料制品。聚合物的结构与取向的变化,将引起材料的聚集态变化,即玻璃态、高弹态和粘流态等三种物理状态的转变。

总之,聚合物的加工,通常包括两个过程,即使原材料变形或流动,并取得所需形状,然后设法保持所得的形状(即固化)。流动—冷却固化是模塑成型的基本程序,仅产生单一的物理变化。热塑性聚合物的加工即属此类过程。加热—流动与交联—固化,则是另一种加工过程,兼有物理化学两种变化。属于此类的过程则为热固性聚合物的加工。

本书编写的主要目的之一,是为在校学生提供学习和了解各种聚合物的工艺特性与成型机理,掌握成型工艺所必备的各种技术知识。有关塑料的概念、成份、特性与用途,常用塑料的结构及成型特性,参考配套教材《冲压、塑压成型原理》。

（二）型腔模的类型

型腔模是利用其密闭腔体来成型具有一定形状和尺寸的立体形制品的工具，它是实现聚合物、熔融金属向制品转变这一过程的必要工装。在各种制造业中，都广泛使用着各种形式不同的模具。它是完成少切削与无切削工艺的基本手段，对于提高产量与质量，降低成本与减少材料消耗都有直接的影响。

鉴于材料品种的繁多及成型方法的互异，从而型腔模具的类型莫一而是，分类的方法也不尽相同：金属压铸成型使用的压铸模具；聚合物制品的成型则用塑料模具；橡胶成型用的则为橡胶模具。如此类推，还有锻模、陶瓷模、玻璃模、熔模铸造压型等等。前两类模具量大、面广有代表性，从而作为本书所要介绍的主要内容。此外，结合航空工业的生产特点，对熔模铸造压型、锻模和橡胶模的设计要点作一扼要介绍。

各类模具之所以影响制品的质量，是因其型腔的形状、尺寸、表面状况、分型面、浇注和排气系统的位置，以及脱模方式，无不支配着制品的形状与精度。制品的物理性能、机械性能、电气性能、内应力的大小、取向的特性、外观质量无不以模具质量好坏为转移。此外，在加工过程中，模具的结构对成型的难易程度有莫大的关系，模具的费用在制品的成本中占有较大的比重。

作为模具专业的学生，必须全面掌握材料的特性与成型工艺性能、成型特点、成型的机理、标准化设计与计算，乃至成本的核算等众多的知识，方能充分发挥模具的所长，这也就是本书编写的另一目的。

（三）模具的材料

模具的耐用性除其取决于模具结构设计及其使用与维护情况外，最根本的问题是制模材料的基本性能是否与模具的加工要求与使用条件相适应。因此，根据模具的结构和使用情况，合理选用模具材料，是模具设计人员的重要任务之一。

当前，模具的寿命普遍较低，它是成型生产中的主要矛盾，其早期失效的诸因素中，70%的问题都出在选材不合理与热处理不当方面，其主要表现形式为过量变形、断裂和表面损伤。加工应力与热应力是导致失效的基因，它与钢材自身的纯洁度及其热处理工艺性关系密切。各项热性能的问题，无不在模具质量中得到反应。现在我国模具钢的新老材料已逾百余种，但均不成系列，突出的矛盾是品种少、规格不全、性能低、冶炼方法落后。例如：性能不能满足需要的老钢种至今依然在服役，而且其用量还很大，从而造成模具的使用寿命偏低，如 3Cr2W8V、5CrMnMo 与 5CrNiMo 三种钢材仍是目前我国热作模具钢中用量较大的钢种，而前两种在国外一些工业发达的国家中已趋向于淘汰，联邦德国在 1970 年修订标准时已废除了 3Cr2W8V 钢，因其高温持久强度差，韧性不佳，而且抗热疲劳性低。当务之急是要扩大热作模具钢与塑料模具钢的研制，增加专用模具钢的品种，特别是后者，目前在国内生产加工实践中还几乎是空白点，而美、日、英、瑞士等国已系列化生产并供应于市场。为此，本书在详细介绍国内常用模具钢材及其应用现状的同时，编写了“国外概况”从而使模具专业的学生了解我国模具制造工业薄弱环节的所在，于未来合理选材及敦促新钢种的发展与应用方面，作出自己应有的贡献。

第一章 塑料模塑与金属压铸成型的工艺要点

§ 1-1 塑料的工艺性能

塑料的工艺性能体现了塑料的成型特性。

一、热固性塑料

热固性塑料的分子结构属网状型，物理与机械性能优异，但成型工艺麻烦，不利于连续生产，固化后不能再次利用。其主要工艺性能如下：

(一) 收缩性

热固性塑件从热模中取出并冷却至室温后，其尺寸缩减的性能称之为收缩性。收缩系因塑料在成型时的化学反应，热反应和受力作用所形成。影响收缩的基本因素是：

(1) 在固化过程中产生缩聚反应，使树脂分子从线型结构过渡到体型结构，水分和挥发物逸出，密度增大，引起体积收缩。

(2) 塑料成型过程中的热胀冷缩、塑料变形，导致线尺寸收缩。线胀系数越大，收缩性越大。

(3) 塑料是在高温高压作用下固化成型的，由于成型压力、剪切应力、各向异性、密度差异、填料分布不匀、模温与硬化程度不一，以及塑料变形等诸因素的作用，产生综合性的反应，而在粘流态时又未能全部消失，故塑件成型后存在残余应力。脱模后因应力趋向平衡，加之贮存条件的影响，使残余应力发生变化而使塑件产生再收缩，称其后收缩。一般塑件在脱模后 10 h 内变化最大，24 h 基本定型，但最终稳定需时效 30~60 昼夜。通常热塑性塑料的后收缩大于热固性塑料，而压注成型与注射成型的后收缩又大于压缩成型。

此外，应注意到塑件的收缩往往具有方向性，这是因为高分子在成型时按流动方向取向，所以在流动方向和垂直方向上性能有差异，收缩也就不一样。同时，由于塑件在成型时各部位密度及填料分布不匀，使各部位的收缩也不均匀。由于收缩的方向性和不均匀性必然导致塑件翘曲、变形甚至开裂，压注和注射成型的方向性尤为明显。因此，模具设计时应考虑收缩方向性及收缩的复杂性，按塑件形状、料流方向选取收缩率。

(二) 流动性

塑料在一定的温度和压力作用下，能充满模具型腔的性能称之为流动性。衡量塑料流动性的指标通常用拉西格流动表示。所谓拉西格流动性是将一定质量的塑料预压成圆锭，放在标准压模中（图 1-1），在一定的温度和压力条件下，测定塑料自模孔中挤出的长度（单位为 mm），即为拉西格流动性。数值越大，流动性越好，反之，则流动性差。塑料的流动性不仅取决于塑料的性质，而且还与模具结构、表面粗糙度、成型工艺条件等有关。

塑料种类不同，则其流动性不同。即便是同一种塑料，其流动性也会因其分子量大小、填料的性质和填充量、颗粒的形状与粒度、含水量、增塑剂与润滑剂含量等的不同而异。所以，

同一品种的塑料流动性分为三个等级，以供不同塑件及成型工艺选用。

塑料的流动性对塑件的质量、模具设计以及成型工艺影响很大。流动性过大容易造成溢边过大，型腔填充不密实，塑件组织疏松，树脂和填料混合不均，易粘模乃至脱模与清理困难。流动性过小则型腔填充不足，难以成型，并使成型压力增大。选用塑件材料时，应根据其结构、尺寸及模塑方法选择适当流动性。一般来说，塑件面积大，嵌件多，嵌件及型芯细弱，有狭窄深槽及薄壁而复杂的形状及填充不利者，应采用流动性好的塑料，压注成型和注射成型也应选择流动性好的塑料。模具设计时应根据塑料流动性来设计浇注系统、分型面及进料方向等，如流动性差的塑料，浇注系统截面应增大，而且保持圆弧折角。

为了提高塑料流动性，可在塑料中加入增塑剂和润滑剂；使型腔形状简单，表面光滑；适当提高成型压力和成型温度等。

(三) 比容与压缩率

比容是单位重量塑料所占的体积，以 cm^3/g 计；压缩率是塑料的体积与塑件的体积之比，其值恒大于 1。

比容和压缩率均表示各种塑料的松散程度，它们都可被用来确定加料腔的大小。比值大，则要求加料腔大，而且塑料内将充气多，排气困难，成型周期长，生产率低。比值小，则情况相反，对模压成型有利。但是比容太小，如以容积法装料则会造成加料量不准确。

比容和压缩率的大小常因塑料的粒度及颗粒均匀度不同而有差别。

(四) 固化与交联

热固性塑料在成型过程中，树脂发生交联反应，分子结构由线型变为体型，塑料由既可熔又可溶变为非融状态，在成型工艺中把这一过程称为固化（或硬化）。塑料从塑化状态转变为固化状态的速度谓之固化速度，以塑料试样硬化一毫米厚度所需的秒数来表示，按 s/mm 计。此值越小时，固化速度就越快。

固化速度慢的塑料，会使成型周期增长，生产率低；固化速度快的塑料，则成型大型复杂的塑件困难。固化速度与塑料品种、塑件形状、壁厚、成型温度及是否预热、预压等有密切关系。例如采用压锭、预热、提高成型温度和增长加压时间，都能显著加快固化速度。

模压成型中，按塑料的固化速度结合塑件的最大壁厚，确定压制的保压时间，并通过试压调整。另外，固化速度还应适应成型方法要求，例如注射、压注成型时要求在塑化、填充时化学反应慢、固化慢，应保持较长时间的流动状态，但当充满型腔后在高温、高压下则应快速固化。

(五) 水分及挥发物的含量

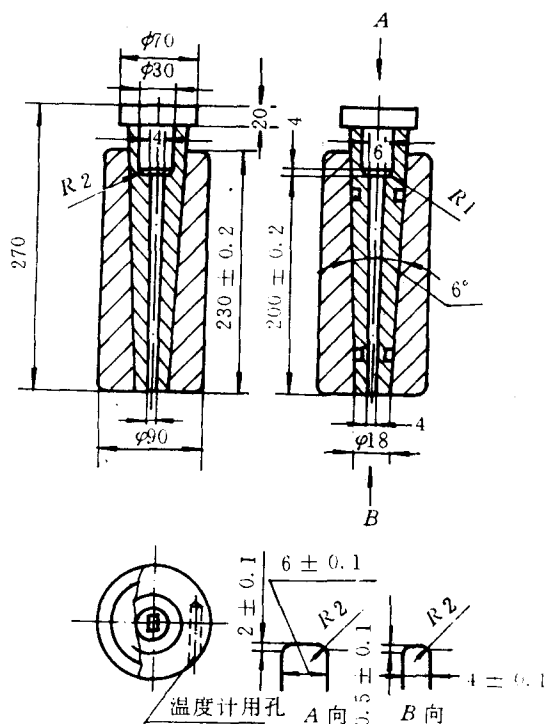


图 1-1 测定热固性塑料流动性的拉西格压模

塑料中的水分及挥发物来自两个方面：一是塑料的生产过程中遗留下来的及成型之前在运输、保管期间吸收的；二是成型过程中化学反应产生的副产物。

当塑料中水分及挥发物含量过多时，会使流动性过大，容易溢料，成型周期增长，收缩率增大，塑件易产生气泡、组织疏松、变形翘曲、波纹等弊病。此外，某些气体对模具有腐蚀作用，并对人体有刺激作用。但塑料过于干燥也会导致流动性不良而成型困难。为此，在模具设计时应应对各种塑料此类特性有所了解，并采取相应措施。对于水分及挥发物的第一种来源，必要时可在成型前进行预热干燥，但不同的塑料应按不同的要求进行预热干燥，控制水分的含量；而对后者，包括预热干燥未除去的部分，应在成型过程中设法去除，如在模具中开排气槽或压制操作时设排气工步，在模具表面镀铬以防腐蚀等。

二、热塑性塑料

热塑性塑料的分子结构为线型或支链型，塑性较好，加工容易，适于大批量生产，可以多次成型。其成型工艺性能如下：

(一) 收缩性

影响热塑性塑料的收缩因素与热固性塑料的基本相同，不同的是热塑性塑料在聚合反应中只有物理变化，而无化学变化，没有副产物逸出，因而在聚合反应中不会引起体积收缩。

(二) 塑料状态和温度的关系

热塑性塑料在恒定压力下，因受热温度的差别，存在着三种状态，即玻璃态、高弹态和粘流态，如图 1-2 所示。热塑性塑料的变形发生和发展的条件在加工过程中起着特殊的作用，因为加工过程的主要目的是赋予热塑性塑料一定的形状，这当然是与聚合物的变形相联系的。

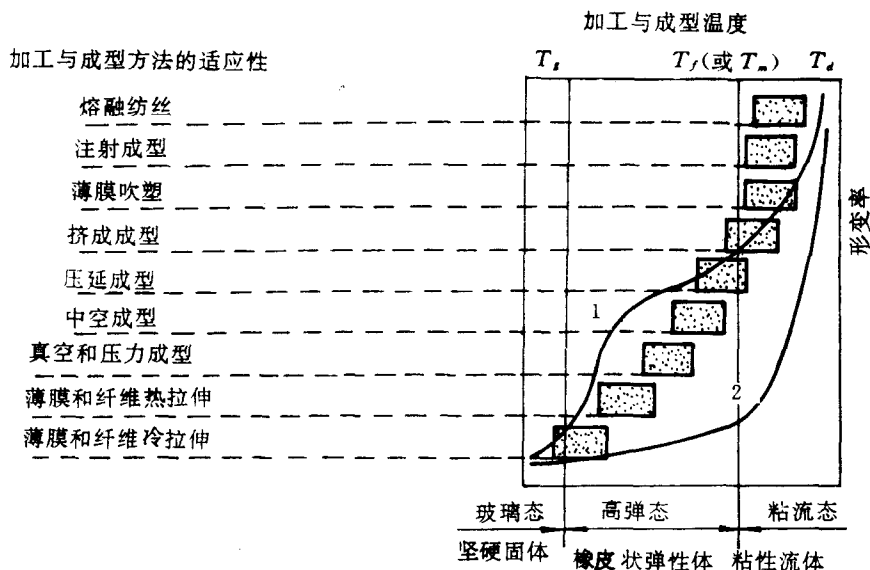


图 1-2 塑料状态、温度与加工方法

1—非晶型树脂 2—晶型树脂 T_g ——玻璃化温度

T_f ——非晶型塑料粘流温度 T_m ——晶型塑料熔点 T_d ——热分解温度

处于玻璃态的树脂是坚硬的固体。在受恒定的冲击、压缩等负荷作用下，形变很小，当

外力消失后，其形变也随之消失。这是因为在变形时只局限于分子间距离的改变，导致物体体积之变化，并不改变分子结构中的排列。在这种状态下不宜进行大变形量的加工，但可以进行车、铣、钻、锯、刨等机械加工方法加工。高弹态的树脂是橡胶状态的弹性体。在受恒定的负荷作用下，变形很大，初始时变形随温度的提高而增大，到一定限度后即变为恒定。在这里，物体形状的改变，是因为链状分子的个别链节发生变动，大分子由卷曲状态变为伸展状态，但它们在分子结构上总的排列依然不变，具有可逆性质。在这种状态下，可进行真空成型、压延成型、中空成型、热冲压、锻造等。进行上述成型加工时，要充分考虑到它的可逆性，为得到所需形状和尺寸的塑件，必须把成型后的塑件迅速冷却到 T_g 以下的温度。粘流态的树脂是粘性流体，通常把这种液体的聚合物称为熔体。其主要特征是，即使在负荷解除后，形变仍不消失。这是因为分子间的排列次序和原始状态发生了根本的变化，故一经成型和冷却后，其形状永远保持下来。在这种状态下，可进行注射、吹塑、挤出等成型加工。

(三) 流变性

在生产中，塑料处于什么状态，用哪种方法加工，以及由此决定成型加工的某种温度范围，具有极为重要的意义。但是，仅仅知道这一点是不够的，尤其是在采用注射成型，挤出成型、吹塑成型加工塑件时，还要了解塑料处于粘流状态时，其粘度与温度及剪切速率（如压力）的相互关系，即当温度和压力变更的时候，粘流态的塑料表观粘度的相应变化，也即塑料的流变性。

各种塑料在熔融状态下，它的表观粘度和温度以及剪切速率的关系曲线，即为塑料的流变性曲线图。图 1-3 和图 1-4 就是这些关系局部曲线。

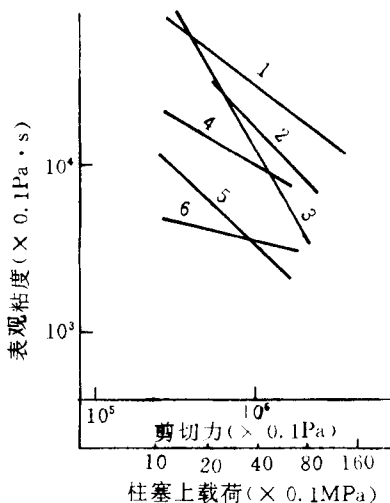


图 1-3

- 1—聚碳酸酯 (280℃) 2—聚乙烯 (200℃)
3—聚甲醛 (200℃) 4—聚甲基丙烯酸甲酯 (200℃)
5—醋酸纤维 (180℃) 6—尼龙 (230℃)

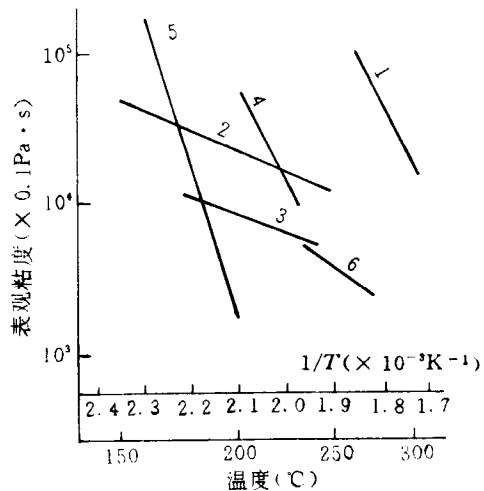


图 1-4

- 1—聚碳酸酯 (4MPa) 2—聚乙烯 (4MPa)
3—聚甲醛 4—聚甲基丙烯酸甲酯
5—醋酸纤维 (4MPa) 6—尼龙 (1MPa)

这种塑料的流变性图，对在加工过程中确定如何变更工艺条件，达到预期的结果，具有一定的参考价值。例如，假设在加工聚甲醛薄壁长流程塑件时，塑料未能充满型腔，而又不知道究竟首先应变更哪一个工艺条件，才能提高熔融塑料的流动性，才能使它易于充满型腔。

这时,从图 1-3 和图 1-4 的便能分别看出,聚甲醛在 180~240 °C 温度范围内,它的表观粘度变化不大,如施加于聚甲醛上的柱塞压力从 1.2 MPa 提高到 8MPa,则它的表观粘度会显著下降,换言之,它的流动性将会大大提高,说明首先应该提高注射压力,其次才是增加料筒温度。显然,塑料熔体的粘度大,流动性差;粘度小,流动性好。

(四) 流动性

热塑性塑料流动性大小,通常用熔融指数和阿基米德螺旋线长度来表示。

熔融指数测定法,是在图 1-5 所示的熔融指数测定仪中进行。管中压入一定量的塑料,加热至规定温度,在特定的压力下将熔融塑料从固定直径的毛细管 5 中压出。每 10 min 所压出的塑料重量(g/10min),即为该塑料的熔融指数。熔融指数越高,表示流动性越好。

阿基米德螺旋线流动性试验,实际上是把测定的塑料,加入注射机内,在一定的温度及压力下注射入模腔呈蚊香形的曲线(术语叫阿基米德螺旋线)的模具内,塑料所能达到的流动长度,即表示该塑料的流动性。长度越长,表示流动性越好。

上述两种试验是在规定的压力和温度下测试的,因此,只对同一聚合物的不同品种进行检验和对比才有实际价值,而对不同的聚合物,并不能正确判断出流动性之间的定量差别。

按模塑工艺和模具设计需要,将常用塑料的流动性大致上分为三类:

流动性好的有聚酰胺、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素等;

流动性中等的有改性聚苯乙烯、ABS、AS、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛、氯化聚醚等;

流动性差的有聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜及氟塑料等。

从塑料熔体充满模具型腔的实际能力来看,塑料的流动性不仅取决于高聚物本身的分子结构、分子量、分子量分布及塑料的组成,而且与其它成型因素有关,即使同一品种因成形条件不同,其流动性也不同。影响流动性的主要因素如下:

1. 温度

包括模具温度及塑料成型时的料温。温度高则流动性好,但不同塑料也各有差异,如聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、有机玻璃、ABS、AS、聚碳酸酯、醋酸纤维素等塑料的流动性因温度的不同而变化较大,而聚乙烯、聚甲醛等塑料的温升对提高流动性影响较小。

2. 压力

成型压力增大,一般流动性也增大,特别是聚乙烯、聚甲醛较为敏感。但由于成型压力的增大,在某些情况下,粘度会增大很多,因此,有时在一般压力下容易成型的聚合物,当压力过大时,会由于粘度的增大而导致成型困难。这说明,单纯依靠增大压力来提高塑料的流动性是不可取的。过高的压力不仅使熔体粘度增大,而且造成过多的功率消耗和过大的设备磨损,塑件尺寸也受到限制。

3. 模具结构

浇注系统的形式、尺寸、布局、冷却系统的设计、熔体流动阻力(如型腔粗糙度、料道

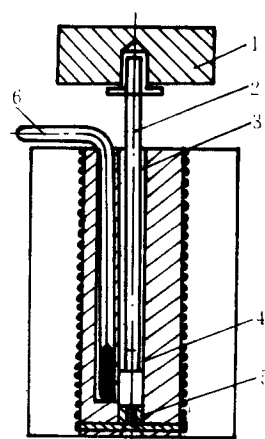


图 1-5 熔融指数测定仪

- 1—砝码; 2—柱塞;
3—圆筒; 4—柱塞头;
5—毛细管; 6—温度计

截面厚度、型腔形状与排气系统)等因素都直接影响到熔料在型腔内的实际流动性,凡使熔料温度降低,增加流动阻力的因素都可能使流动性下降。

(五) 结晶性

根据塑料在其冷凝时有无出现结晶现象,可将塑料划分为结晶型塑料与非结晶型(又称无定形)塑料两大类。

所谓结晶现象即为塑料由熔融状态到冷凝的过程中,分子由无次序的自由运动状态而逐渐排列成为正规模型的一种现象。结晶型塑料具有结晶现象这一性质,就叫结晶性。

一般结晶型塑料均不透明或半透明,如聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯、聚酰胺、氯化聚醚等;非结晶型塑料一般是透明的,如聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯,聚砒等。当然也有例外情况,如聚4-甲基戊烯-1为结晶型塑料,但却高度透明,ABS是非结晶型塑料,却并不透明。

结晶型塑料的使用性能一般较好。但由于加热熔化需要热量多,冷却凝固放出热量也多,因而需考虑选用塑化能力大的设备和冷却装置的设计;结晶型塑料的熔态与固态的比重差大,成型收缩大,易产生缩孔或气孔;结晶型塑料各向异性显著,内应力大,脱模后未结晶化的分子有继续结晶化倾向,处于能量不平衡状态,易发生变形,翘曲;同时由于结晶熔点范围窄,易发生未熔粉末注入模具或堵塞进料口。

结晶型塑件的性能和成型工艺有很大的关系。如果熔体温度和模具温度高,熔体冷却速度慢,塑件的结晶度大,则其密度大,强度、硬度高、刚度、耐磨性好,耐化学性和电性能好;相反,熔体冷却速度快,塑件的结晶度小,则其柔软性、透明性好,伸长率和冲击强度较大。因此,可以通过控制成型条件来控制塑件的结晶度,从而控制其性能,使之满足使用要求。

(六) 热敏性及水敏性

热敏性是指某些热稳定性差的塑料,在高温下受热时间较长或进料口截面过小,剪切作用大时,料温增高易发生变色、降解、分解的倾向。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。如硬聚氯乙烯、聚三氟氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、聚甲醛等。

热敏性塑料在分解时产生单体、气体或固体等副产物,有的分解气体对人体、设备、模具具有刺激、腐蚀作用或有毒性。在某些场合下,分解产物往往又是该塑料分解作用的催化剂。如聚氯乙烯的分解产物—氯化氢,聚甲醛的分解产物—甲醛,经进一步氧化而成的甲酸,都能促使高分子分解作用的进一步加剧。

为了防止热敏性塑料在成型过程中出现过热分解现象,可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,合理设计模具的浇注系统,模具镀铬等。如有分解应立即清洗设备及模具。

水敏性是指有的塑料(如聚碳酸酯)即使含有少量水分,但在高温、高压下也会发生分解,具有这种性能的塑料称为水敏性塑料。对这种塑料必须预先加热干燥。

(七) 应力开裂及熔体破裂现象

有些塑料如聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚砒等质较脆,成型时又容易产生内应力,因此在外力或在溶剂作用下容易产生开裂。为防止这个缺陷产生,一方面可在塑料中加入增强材料加以改性,另一方面应注意设计成型工艺过程和模具,如成型前的预热干燥,正确规定成型工艺条件,对塑件进行后处理,合理设计浇注系统和推出装置等。还应提高塑件的结构工艺性。

熔体破裂现象是指一定熔融指数的塑料，在恒温下通过注射机的喷嘴孔时其流速超过一定值后，熔体表面发生明显横向裂纹的现象。发生熔体破裂会影响塑件的外观和性能，所以若选择熔融指数高的聚合物，在模具设计时的应增大喷嘴、流道和浇口截面，减小注射速度和提高料温，从而防止熔体破裂的产生。

(八) 吸湿性

塑料根据其对水份亲疏程度的差别，大致可分为吸湿或粘附水份的和不吸湿也不粘附水份的两大类。前者有聚甲基丙烯酸甲酯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚砒、ABS 等；后者有聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等。

凡是具有吸水或粘附水分倾向的塑料，尤其是聚酰胺、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯等，如果在成型加工以前，其水份含量超过限度，那么在成型加工过程中，由于水分在成型设备的高温料筒内挥发成气体，或者促使塑料水解等原因，致使树脂起泡、流动性下降，不仅给加工带来很大困难，而且使塑件外观质量及机械性能显著下降。因此，对于这类塑料，在成型加工前必须进行干燥处理，以排除其中的水分。

有关常用热固性塑料和热塑性塑料的成型特性见附录表四和附录表五。

§ 1-2 塑料压缩模塑工艺

压缩模塑又称压胶成型或压制成型，它是成型热固性塑料件的一种方法，也可成型热塑性塑料件。

一、压缩模塑原理

成型前，先将粉状、粒状或纤维状的塑料放入成型温度下的模具型腔中，然后合模加压，使塑料成型并固化，从而获得所需的塑件，如图 1-6 所示。

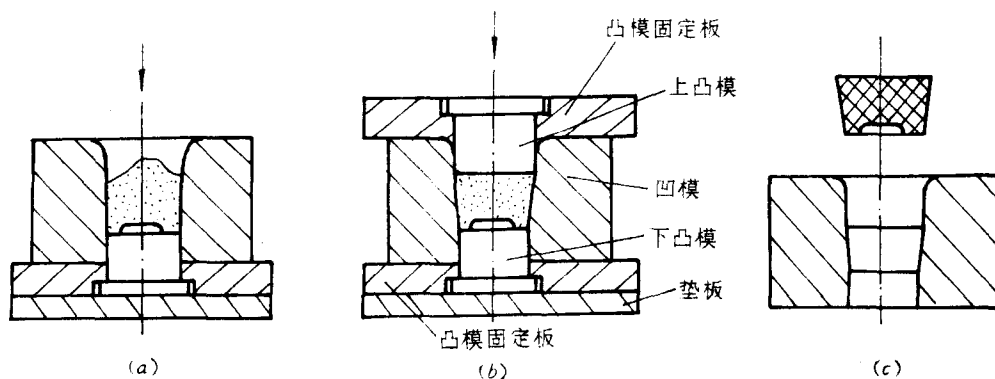


图 1-6 压缩模塑原理图

压缩模塑的原理是将置于模腔中的热固性塑料处于高温高压的作用下，由固态变为粘流状态的半液体，并在这种状态下充满型腔，同时高聚物产生交联反应，随着交联反应的深化，半液体的塑料逐步变为固体，最后脱模获得塑件。而热塑性塑料的模压成型虽存在固态变为