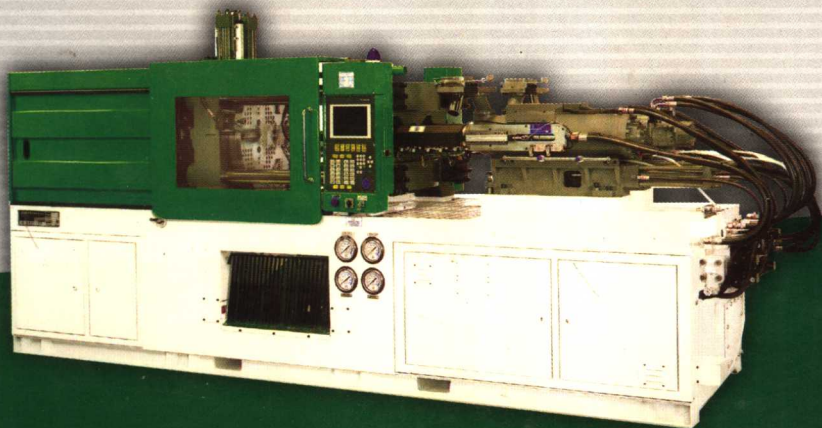


SULIAO ZHUSU SHENGCHAN JISHU

塑料注塑 生产技术

王华山 编

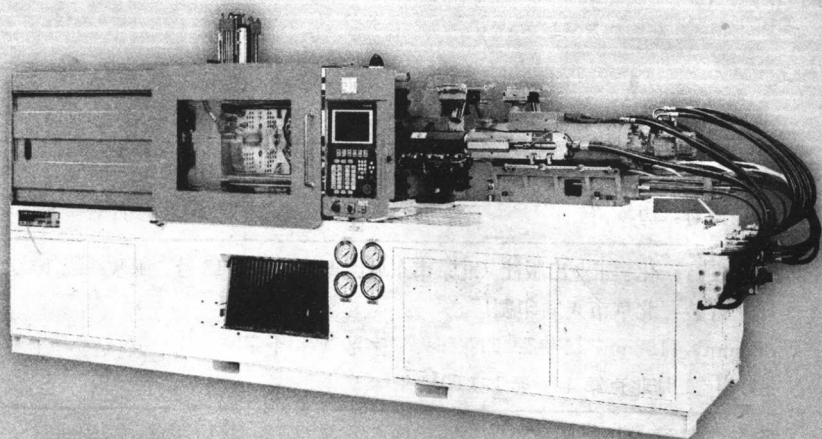


化学工业出版社

SULIAO ZHUSU SHENGCHAN JISHU

塑料注塑 生产技术

王华山 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合企业生产实际,介绍了注塑制品的设计、注塑制品的常用原料的特点与选择、注塑机的操作、注塑模具的结构设计与制品质量的关系、注塑工艺过程及制品质量缺陷与控制等。

本书讲叙简明扼要,通俗易懂,非常适于工厂技术人员及技术工人参考,可以用做企业培训用书或入门学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料注塑生产技术/王华山编. —北京:化学工业出版社, 2006. 10
ISBN 978-7-5025-9581-4

I. 塑… II. 王… III. 塑料成型-生产工艺
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 129516 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 边涛

封面设计: 胡艳玮

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 178 千字

2007 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

前 言

当今是一个科学技术快速发展、知识更替非常迅速的时代。塑料注塑成型加工相关的知识也在这个不断进步的潮流中飞速发展，主要表现在注塑新材料层出不穷、注塑新工艺不断发明、注塑模具技术不断提高、用于注塑生产的注塑机的功能越来越强，这些都在客观上要求生产注塑制品的操作人员和注塑技术人员掌握注塑制品生产的各种基本理论和技能。

实践表明，现代注塑技术人员必须能够制定塑料成型工艺和管理维护注塑成型设备。要制定注塑成型工艺，就需要对注塑制品的结构和材料进行了解；而要管理和维护好与注塑相关的设备就必须对模具和注塑机及其辅助设备有所了解。本书根据这个思路，分别从注塑制品的设计原则、注塑制品的常用原材料的特点与选择、注塑成型设备结构组成与操作、注塑成型模具的结构设计要素与制品质量的关系、注塑成型工艺要点及制品质量缺陷与控制等几个方面进行了简洁明了的叙述。

塑料注塑成型是一门实践性非常强的学科，在编写过程中，编者注重理论与实际相结合。尽管注塑技术日新月异，新材料、新工艺层出不穷，只要读者能够掌握并利用以上介绍的内容，考虑相互联系的各种因素，系统地对生产中可能遇到的注塑质量问题进行分析并加以解决，就可以不断提高注塑制品的品质。

本书适用于工厂技术人员及技术工人参考，更通用于作企业

培训用教材。

本书编写过程中参考了相关专业书籍、专业杂志等珍贵资料，主要的文献均已列入本书最后的参考文献，当然也难免有所遗漏，在此一并表示感谢。

由于编者水平和经验的限制，本书中难免存在不当之处，敬请读者指正。

编者

2007 年 1 月

目 录

第 1 章 塑料注塑技术的发展概况	1
1.1 概述	1
1.2 注塑技术的发展概况	2
第 2 章 注塑制品的设计要点	12
2.1 注塑制品的设计过程	12
2.2 注塑制品材料的选择	13
2.3 注塑制品的尺寸及其精度	14
2.4 表面光洁程度	19
2.5 注塑制品形状	19
2.6 脱模斜度	21
2.7 注塑制品的壁厚	23
2.8 加强肋的设计	26
2.9 支承面及侧壁边缘防变形设计	29
2.10 圆弧	30
2.11 孔的设计	31
2.12 螺纹的设计	34
2.13 嵌件制品设计	37
2.13.1 嵌件的结构形式	38
2.13.2 嵌件在注塑制品上的位置	41
2.13.3 嵌件材质选择	41
2.14 气体辅助注塑制品设计	42
第 3 章 注塑制品的原材料	44
3.1 常用注塑成型材料	44

3.1.1	聚乙烯	44
3.1.2	聚丙烯	50
3.1.3	聚苯乙烯	54
3.1.4	ABS	56
3.1.5	聚甲基丙烯酸甲酯	57
3.1.6	聚氯乙烯	58
3.1.7	聚酰胺	59
3.1.8	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	61
3.1.9	聚碳酸酯	62
3.2	填料	63
3.3	塑料助剂	65
3.3.1	增塑剂	66
3.3.2	稳定剂	67
3.3.3	增强剂	69
3.3.4	着色剂	69
3.3.5	润滑剂	73
3.3.6	脱模剂	74
3.3.7	其他主要助剂	76
第4章	注塑设备	77
4.1	注塑机概述	77
4.1.1	注塑机基本组成	77
4.1.2	注塑机分类	79
4.1.3	注塑机工作过程	81
4.2	注塑机的基本参数	83
4.3	注射装置的形式	88
4.3.1	注射装置的形式及特点	89
4.3.2	螺杆式注塑机塑化部件	93
4.4	合模机构	97
4.4.1	调模装置	97
4.4.2	顶出装置	100
4.4.3	气动顶出装置	101

4.5 辅助成型设备	101
4.5.1 上料机	102
4.5.2 料斗式干燥机	102
4.5.3 模温调节器	103
4.5.4 快速换模装置	103
4.5.5 机械手	103
4.6 注塑机的操作	104
4.6.1 注塑机操作技术	104
4.6.2 注塑机操作过程注意事项	109
第5章 注塑模具	111
5.1 概述	111
5.1.1 注塑模的基本结构和类型	111
5.1.2 注塑模与注塑机的关系	115
5.2 注塑模具的设计	118
5.3 注塑模具材料选用	120
5.3.1 钢材的相关知识	120
5.3.2 塑料模的钢材选用原则	124
5.4 模具结构设计	125
5.4.1 浇注系统设计	125
5.4.2 成型零件的设计	134
5.4.3 成型零件工作尺寸计算	141
5.4.4 排气结构设计	144
5.4.5 合模导向装置	146
5.4.6 推出机构的设计	147
5.4.7 侧向分型与抽芯机构	152
5.4.8 温控系统	154
第6章 注塑工艺	159
6.1 注塑工艺过程	159
6.1.1 成型前的准备	159
6.1.2 注射过程	162
6.1.3 塑件的后处理	163

6.2	注塑工艺参数的设定	164
6.2.1	注塑机温度控制	165
6.2.2	注塑机压力控制	168
6.2.3	加料量设定	173
6.2.4	模具温度设定	174
6.2.5	成型周期设定	176
6.3	几种常用塑料的注塑工艺	179
6.3.1	聚乙烯	179
6.3.2	聚丙烯	180
6.3.3	聚苯乙烯	181
6.3.4	ABS	182
6.3.5	聚甲基丙烯酸甲酯	182
6.3.6	聚氯乙烯	183
6.3.7	聚酰胺	184
6.3.8	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	184
6.3.9	聚碳酸酯	185
第7章	注塑制品产生缺陷的原因分析及对策	187
7.1	注不满	188
7.2	溢料	190
7.3	凹痕	191
7.4	银纹	193
7.5	熔接痕	194
7.6	变色	195
7.7	光泽缺陷	196
7.8	翘曲	197
7.9	开裂	199
7.10	尺寸不稳定	200
7.11	发脆	201
7.12	粘模或脱模时制品顶破	202
参考文献		204

第 1 章

塑料注塑技术的发展概况

1.1 概述

塑料是通过制造成各种制品来实现其使用价值的。因此，从应用角度来说，以对塑料赋予形状进而产生功能的成型加工技术具有重要的价值。塑料的主要成型方法有挤出成型、注射成型、吹塑成型、压延成型等，其中注射成型因可以生产和制造较为复杂的制品，在塑料的成型中一直占有极其重要的位置。

注射成型又称注射模塑或注塑，是塑料加工中重要的成型方法之一。注射成型是生产外形复杂、尺寸精确、带嵌件的塑料制品的重要加工方法，其技术已发展得相当成熟，且应用非常普遍。塑料注塑制品是用注射成型的方法所生产的塑料制品。国内外相关资料的数据都表明，注塑制品已占塑料制品总量的 30% 以上。从目前来看，注塑制品的发展呈现出以下特征。

(1) 用于注射制品的新型材料种类越来越多

塑料有热固性塑料和热塑性塑料之分。几乎所有的热塑性塑料都可以用注塑的方法生产，热固性塑料也因为注塑设备水平和工艺水平的提高而可以用注塑的方法生产。随着化学工业的发展，人们通过利用新的合成工艺或多种材料共混复合的方法开发了非常多的新型塑料材料，它们之中的绝大部分都可以用注塑的方法生产。比如 ABS 经共混改性后有几十个品种，其中绝大部分都用于注塑。

(2) 结构可以很复杂

采用注塑技术可制造形状非常复杂的热塑性制品或热固性制品，这些制品可以批量生产而且很少需要二次修整。例如在注塑制品上直接成型孔洞、凸台和扣梁等组装性零件是常见的做法，这种整体设计技术大大简化甚至避免了二次组装工序。由于不断推出的先进的注塑技术，可采用注塑制造的塑料制品的形状就可以更加复杂。

(3) 精度可以非常高

随着精密成型、超精密成型注塑机的出现，塑料制品的尺寸精度范围可以达到 $0.01 \sim 0.001\text{mm}$ ，而超精密成型则可以达到 $0.001 \sim 0.0001\text{mm}$ 。当然这也与塑料材料有关，由于大多数塑料具有收缩的特性，所以要想达到较高的精度，就要求塑料的收缩特性较为均匀。

(4) 应用领域越来越广泛

注塑制品的应用非常广泛，在不同的场合都有应用，相应地就要求有不同的功能。比如用在电器元件的注塑制品通常要求制品具有防静电和能屏蔽电磁波等功能，人们就可以利用不同的树脂为基料，通过添加炭黑、金属氧化物、金属微粒、导电有机物等进行复合而得到所需要的功能。有些制品要求具有组合功能，人们可以通过结构上的复合而得到所期望的功能。比如多色注射成型的化妆品盒子，两种色彩的搭配比喷涂的效果更使人感到新奇。

注塑制品发展的直接推动力是人们对产品的各种性能的期望所产生的。比如塑料包装用的瓶子可以是挤出吹塑，也可以是注射吹塑，但人们为提高瓶子的瓶口质量，转而利用注射吹塑；因为人们对各种功能的期望，所以人们为用塑料取代已经使用着的其他材料，从而去开发各种新的塑料材料；人们为了实现各种特殊功能而使用新的工艺和方法来提高注射制品的功能，这些都客观上使得注塑制品的发展往往表现为新的塑料材料的发展和新的注射成型技术与设备的发展。

1.2 注塑技术的发展概况

注塑技术已经历了大约 125 年的发展过程，由于各种各样的工艺方法及技术的引入、改进和提高，这种成型技术显得更具有经济性。

与早期开发的 John Wesley Hyatt 生产工艺相比,目前采用的生产理论方法存在较少的概念上差异。其基本过程仍然是在加热料筒内产生推动压力,形成熔料层流,并流入空的模腔内。在循环生产周期中,不管是采用单个浇口或多个浇口,高或低的熔料流动速率,待注射熔料与模腔壁之间温差的高或低,流畅的加工流程或突变式的加工流程,其基本过程完全相同。

随着塑料制品应用的日益广泛,人们对塑料制品精度、形状、功能、成本等提出了更高的要求,传统的注射成型工艺已难以适应这种要求。因而,在传统注射成型技术的基础上,又发展出了一些新的注射成型工艺。这些新型注射成型技术包括流体辅助注射成型、结构泡沫成型、复合注射成型(共注射成型)、推-拉成型、注射-压缩成型、低压注射成型、交变注射成型、熔芯注射成型、动态保压注射成型和计算机辅助成型等。

(1) 流体辅助注射成型

流体辅助注射成型是将流体注射到熔化聚合物中形成中空芯的技术。主要包括气体辅助注塑成型技术和水辅助注射成型。

气体辅助注射成型简称气辅技术,是20世纪80年代为了减轻制品质量和节约生产周期而发展起来的一种新型注射成型技术。图1-1

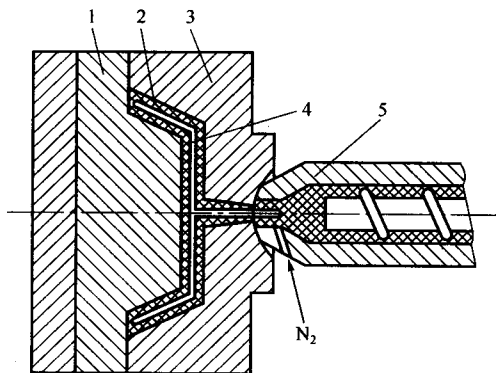


图 1-1 气体辅助注射成型示意图

1—动模型芯板；2—塑件；3—定模型腔板；4—气层夹芯；5—注塑机喷嘴

所示是气体辅助注射成型示意图。

气体辅助注射成型的工艺过程主要包括三个阶段。

第一阶段为熔体注射，把塑料熔体注入型腔，与传统注射成型相同，但使熔体只充满型腔的 60%~95%，具体的注射量随产品而异。

第二阶段为气体注入，把高压惰性气体 N_2 注入熔体芯部，熔体前沿在气体压力的驱动下继续向前流动，直至充满整个型腔。气辅注塑时熔体流动距离明显缩短，熔体注射压力可以大为降低。气体可通过注气元件从主流道或直接由型腔进入制件。因气体具有始终选择阻力最小（高温、低黏）的方向穿透的特性，所以需要在模具内专门设计气体的通道。

第三阶段为气体保压，使制件在保持气体压力的情况下冷却，进一步利用气体各向同性的传压特性在制件内部均匀地向外施压，并通过气体膨胀补充因熔体冷却凝固所带来的体积收缩（二次穿透），保证制品外表面紧贴模壁。

气体辅助注射成型技术主要应用于家电、汽车、航天、办公用品和日用品。其制品大致分为棒状、板状、特殊形状三类。例如棒状的衣服架、斧柄；板状的汽车仪表板、电视机外壳、洗衣机外壳、大型家具；特殊形状的汽车车窗滑槽、方向盘等。对于发达国家和地区生产大型厚壁制品和特殊形状制品来说，气体辅助注射成型已成为不可缺少的成型技术。

水辅助注射成型技术是由世界著名的德国 IKV 塑料研究所开发提出的。这项技术可成型厚壁截面、形状复杂的管状制品。Du Pont 和 Engel 公司合作利用该技术生产汽车发动机上的玻璃增强尼龙 66 液体输送管道。水辅技术优于气辅技术的主要优点是制品冷却快、成型周期短。

（2）泡沫塑料注射成型

泡沫塑料注射成型有结构泡沫塑料成型和微孔泡沫塑料成型两种。

结构泡沫塑料成型是 20 世纪 60 年代初出现的，是生产发泡芯层和实体表层结构的热塑性塑料制作的方法。特别适于生产大而厚的热

塑性塑料制作。近几年来，其应用日益广泛。主要用于生产机器外壳、底盘、计算机机箱等大型模塑制品。

结构泡沫塑料成型与常规注塑的区别是原料中含有发泡剂，在喷嘴中物料因彼此之间摩擦生热使发泡剂分解。由于快速充模，模壁压力高，冷却快，制品表层的发泡少，芯层却因冷却慢而充分发泡。

以后发展的趋势是微孔发泡成型技术。微孔发泡注射成型技术与传统塑料发泡技术比较，既不需要化学发泡剂，也不要以烃基为原料的物理催化剂、泡沫剂等及其他相关反应成分。以气室发泡法而著称的微孔发泡注射成型技术是利用气体超临界液体状态在整个聚合体中产生分布均匀和尺寸统一的微小的气孔（根据聚合体不同的材质及应用，其尺寸通常为 $5\sim 100\mu\text{m}$ ）的发泡注射成型技术，并且几乎可以应用于所有的发泡材料。合理利用微孔注射成型技术可以扩大产品结构形式、提高生产效率、降低生产成本。

(3) 复合（共）注射成型

复合化技术实际上是多种工序或技术的集成，其主要目的是实现制品生产周期缩短和高附加值化。采用共注射成型有助于观察到制件中独特的结构。图 1-2 为扁平圆盘共注射成型过程的示意图。塑料“A”先注射充入部分型腔，然后塑料“B”紧跟着“A”注射进入型腔并保持初始推动流动压力场。根据表皮区和芯层区的尺寸大小，按正确的比例关系计量出“A”和“B”的用料量，可制得一个内芯层为“B”外表完全由“A”包裹的制件。其截面如图 1-2 所示。

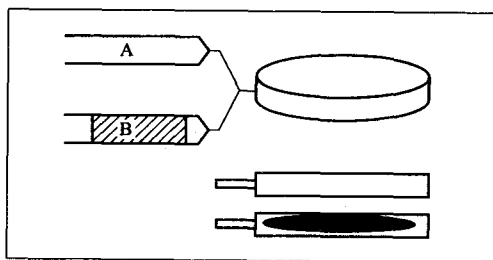


图 1-2 扁平圆盘共注射成型过程的示意图

英国 ICI 公司早在 20 世纪 70 年代就开始应用这门技术，并取得了包括基础理论、生产产品及机器设备等几项专利。现在普遍采用 ICI 生产工艺类似“三明治模型”，外层与芯片材料不同，需要一定的相容性，选材尤为重要。

夹心注塑每个注射单元注射的熔料不同。先进入型腔的熔料形成皮层，后进入的熔料形成芯层。夹心注塑现已从单流道发展到双料道、三料道工艺。单流道工艺是通过换向阀由一个位置到另一个位置使两种熔体先后进入型腔。

发展至今，复合化技术主要有：多色注射成型、多材质注射成型、联机一线式组合嵌件注射成型、薄膜插入和贴面的内模塑成型等。

(4) 反应注射成型

反应注射成型 (reactive injection molding, RIM) 是将两种或两种以上具有反应性的液体组分在一定温度下注入模具型腔内，在其中

直接生成聚合物的成型技术，即将聚合与成型加工一体化，或者说，直接从单体得到制品的“一步法”注塑技术，其原理见图 1-3。RIM 的主要工艺参数与普通注射成型具有本质差异。

RIM 是指无增强材料反应注射成型技术，在此基础上又发展出增强反应注射成型和结构反应注射成型技术。

增强反应注射成型是在反应注射成型过程中加入短纤维或片状增强材料等，把反应物和增强材料通过混合

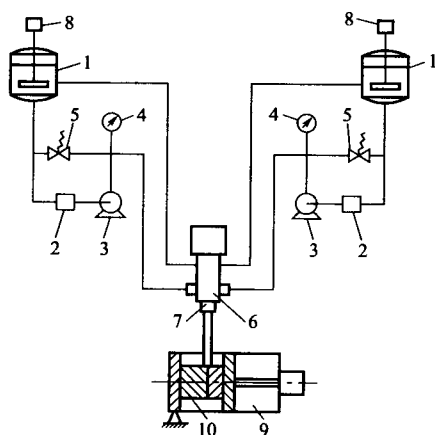


图 1-3 反应注射成型

- 1—原料贮藏；2—过滤器；3—计量泵；
4—压力表；5—安全阀；6—注射器；
7—混料头；8—搅拌机；
9—合模装置；10—模具

头注入模具型腔形成制品。

结构反应注射成型技术通常是将长纤维增强垫预置于模具型腔内，再将反应物注入增强垫中的工艺过程。这两种工艺的主要目的是使增强后的制品具有较好的刚性、耐热性，并降低热膨胀系数以减小热变形。

(5) 注塑-压缩成型

注塑-压缩成型是将一定体积（60%~70%）的熔融塑料注入敞开的型腔中，然后闭合模具、压缩熔料、充满型腔、成型光学透镜的技术。成型时，模具先未完成闭合，由于模具型芯部分设有台阶，当熔体被注入型腔后不会泄漏；当熔体注射完毕后，由专设的闭模活塞进行第二次合模，熔体再次流动，被压实。原理如图1-4所示。

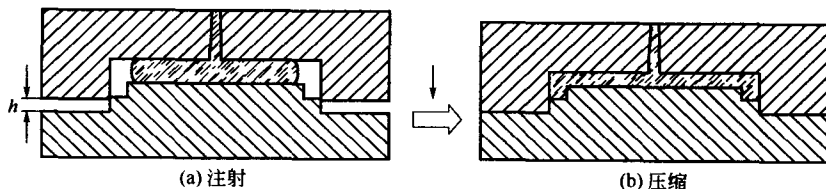


图 1-4 注塑-压缩成型原理示意图

h —完成行程

注塑-压缩成型应用：薄壁制品、光学介质和镜头之间的产品、盘式浇口圆形制品（车轮盖板、光盘）、玻纤增强塑料制品。

(6) 高速低压注射成型

高速低压注射成型与传统注射成型的差别在于：传统注射成型在注射过程中控制注射速率，而高速低压注射成型在注射过程中控制的是注射压力，并且注射压力恒定。在高速低压注塑过程中，注射速率是变化的，开始以很高速率注射，随着注射时间的延长，注射速率逐渐降低，以消除制品内应力，保证制品尺寸精度。在高速注射中熔体所受压力很低，黏度也低，使熔体的黏流特性便于控制。由于恒压注射，所以高速低压注射成型机有特殊的油压系统。目前采用多腔液压注射系统。

目前大多数设计项目着重于将低压注射与再注射塑料成型结合使用,如汽车门内饰板的成型就是将纺织物或非纺织物放置入模具内,再直接向模具注射熔料。

(7) 交变注射成型

交变注射成型是在常规注塑成型中,交替地改变熔体的流动取向的大小和方向,从而提高复杂制品的某些力学性能。利用在充填和保压阶段移动模壁,如移动模壁方向垂直于分模线,旋转或滑动型陡壁。

(8) 熔芯成型

熔芯成型与常规注射成型的差别主要在于型芯的结构。这种型芯不能在模内拆卸,也不能用机械方法抽出到模外,它只能由电感到加热熔融掉(如熔点为 138°C 的锡-铋合金以及锡-铅合金等)或在二次加工中被洗掉(可溶性丙烯酸类树脂)。型芯的热性能及型腔材料是熔芯成型的技术关键。型芯材料可用聚合物、低熔点金属合金(锡-铋、锡-铅)等。聚合物起隔绝壁的作用,所以制品的表皮很薄;因金属起散热点的作用,所以制品的表皮很厚。选用适当的材料可减小或消除制品因缺陷产生的翘曲现象。

熔芯成型技术应用于管道夹具、泵外壳(水泵推进轮、离心热水泵)、体育运动商品(网球后手柄)、汽车大型部件(如水泵、进气支管)、航天器油泵等制品生产。

(9) 塑料动态注射成型

塑料动态注射成型技术是将物理场直接作用于成型加工的过程,基本原理是在振动场(主要是机械振动和超声波振动)条件下,在塑料的主要剪切流动方向上叠加了一个附加的应力,使得聚合物在组合应力作用下完成物理与化学变化的加工过程。它是在传统注射成型的塑化、注射、保压等阶段将引入振动,使熔体产生振动剪切流动,以控制制品的内部结构、提高制品的力学性能和外观质量为目的的技术。

振动对聚合物成型制件的性能影响主要是通过对聚合物的凝聚态转变和结晶动力学起作用的。周期性的振动力将有效地促进分子取