

● 塑料机械使用与维修丛书

注塑机 使用与维修手册

杨卫民 高世权 编著

塑料机械使用与维修丛书

注塑机使用与 维修手册

杨卫民 高世权 编著



机械工业出版社

本书简要介绍了塑料注射成型加工和注塑机工作原理、结构型式与分类。从实用的角度出发,重点介绍了注塑机选用原则及调试方法、操作注意事项和维修保养知识。在此基础上,以我国的海天注塑机和德国阿博格注塑机为例,分别介绍了注塑机的选购、安装与实际使用操作说明。同时还介绍了塑料制品注射成型缺陷及解决措施。在附录中以列表的方式分别介绍了常用树脂的性能、加工工艺与模具选用技巧,常用塑料的加工工艺参数,注射成型缺陷与防止措施。

本书比较适合从事注塑成型制品生产的操作使用与维修人员阅读,也可作为注塑机制造厂工程技术人员和高等学校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

注塑机使用与维修手册/杨卫民,高世权编著.
—北京:机械工业出版社,2006.10
(塑料机械使用与维修丛书)
ISBN 7-111-20064-0

I. 注… II ①杨…②高… III. ①注塑机-使用
-手册②注塑机-维修-手册 IV. TQ320.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第122640号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:赵晓峰 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧
封面设计:鞠杨 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2007年1月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·11.625印张·450千字
0 001—4 000册
定价:33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线电话(010)88379781
封面无防伪标均为盗版

序

经过 20 多年的高速发展，我国目前不仅是世界上最大的塑料机械生产国、使用国，同时也是世界上塑料机械的重要出口国和进口国。全面地了解设备、正确地使用设备、准确地判断故障以及快速低成本地修复设备是取得设备效益最大化的重要途径之一。由机械工业出版社组织编写并出版的“塑料机械使用与维修丛书”，内容涵盖了塑料注射、挤出（含混炼）、中空和压延等成型技术和设备，这些正是我国塑料机械制造和使用的主导产品。参加编写的人员分别为我国长期从事塑料机械专业教学、研究、制造和应用的资深专家、学者。希望这套丛书的出版发行，可以为我国塑料工业的进一步发展以及在由生产大国走向强国的历程中发挥重要的积极作用。

在知识经济时代，塑料工业和其他行业一样，科技进步的速度加快，塑料原材料日新月异，其成型技术与设备高新技术含量在迅速提高。在塑料机械制造技术上，有的专家认为 20 世纪中期后更新换代周期为 10 年左右，到了 20 世纪末至现在已缩短为 5 年左右。丛书的出版适应了目前技术经济高速发展的需要。

丛书的各位作者在写作上突出强调了从制品看设备这一思路。从塑料工程意义上讲，塑料工业包括塑料原料、配方、加工工艺和加工设备（含机器和模具）。塑料机械同其他机械的最根本区别、塑料机械制造和使用中最大的难点在于其加工的塑料原料，根据制品的要求其组成是可设计的，原料变化使成型工艺条件随之不同。同时，生产同一类制品有可能由于不同的设备或其组成而采用不同的工艺路线。生产合格的制品是核心，原料、配方、工艺与设备为之服务。从制品、原料、配方和工艺阐述设备的使用与维修的思路是科学的，是符合辩证唯物认识论的。这一思路也是实现我国塑料机械制造业成为自主创新行业的惟一正确的思路。

由于丛书作者分别来自教学、研究、制造和应用等不同性质的单位，各分册对成型理论、塑料机械制造及其使用维修的阐述在篇幅上有所差别，但总体上是系统和完整的，包括了最新的塑料成型理论，最先进的加工设备和

正确地使用与维修设备的知识及方法。丛书不仅适用于塑料机械使用维修人员，同时对于从事塑料机械教学、研究和制造的技术人员来说也将从中受益。

丛书的作者北京塑料集团公司的吴念总工程师、大连冰山橡塑股份有限公司刘梦华总经理、杭州机电设计研究院吴梦旦副总工程师等已经从原岗位上退下来，但依然不辞辛苦，将自己长期积累的知识、经验奉献给大家；北京化工大学的杨卫民教授、大连冰山橡塑股份有限公司的杨宥人副总工程师都是单位的在职骨干，在百忙中出色地完成了各自所负责部分的编写任务。借此机会，向丛书的各位作者的辛勤劳动和无私奉献表示敬意。

中国轻工机械总公司

许政仓

前 言

近年来,由于注射成型制品在家用电器、电子工业、汽车制造等行业用量的日益增加,使得注射成型加工在现代制造业中所占的比重越来越大,也有力地推动了注塑机和模具制造业的发展。我国在注塑机制造领域出现了年产销量超过1.5万台、居于世界首位的“宁波海天”这样的大型企业,和以“香港力劲”为代表的科技型产业集团。伴随注塑装备制造业的迅猛发展,我国每年注射成型的高聚物制品达到500万t以上,已成为注塑机和注射成型制品的生产大国。汽车和电子通信等高新技术领域的发展,对高分子材料注射成型加工制品提出了高性能、高精度的迫切要求。由于注塑机及其应用的现有技术水平与德国、日本等国家相比还存在明显的差距,我国每年对高端注塑机的进口量仍然很大,特别是精密、高速注塑机占全部进口量的90%以上。因此,我们必须高度重视注塑机和注射成型加工领域的知识创新与技术进步,以尽快实现由该领域的生产大国向技术强国的跨越。

面对结构、性能千差万别的注塑成型制品,要在生产实践中做到既保障制品质量、性能优异,又满足降低能耗、提高注塑机的合理利用率的要求,这不仅需要掌握注塑材料的物理化学性能,选择合理的工艺路线,更需要掌握注塑机的结构、性能,设计符合设备特点的工艺参数,减少人为因素对设备合理使用的干扰,及时发现并解决生产过程中出现的问题。我们编写《注塑机使用与维修手册》一书的目的,是希望对广大读者系统了解注射成型的基本理论与实用技术,从而合理使用注塑机有所帮助。

本书的前3章包括概述、注塑机原理、结构型式与分类等内容;第4、5、6章分别介绍了注塑机选用原则及调试方法、操作注意事项和维修保养知识;在第7章中则以我国“海天注塑机”和德国“阿博格注塑机”为例,分别介绍了注塑机选购、安装与实际使用操作说明;第8章介绍了塑料制品注射成型缺陷及解决措施;在附录中则以列表的方式分别介绍了常用树脂的性能、加工工艺与模具选用技巧,常用塑料的加工工艺参数,注射成型缺陷与防止措施。



本书由笔者负责组织编写，宁波海天集团高世权先生参加编写了部分章节，德国阿博格公司佟朝先生为本书提供了大量技术资料，在此对海天集团和阿博格公司的支持表示感谢。北京化工大学丁玉梅副教授、何雪涛副教授，以及从事注塑成型研究的博士和硕士学位研究生：谢鹏程、孙翔、赖士兴、耿立波、陈俊、栾少飞、邓荣坚、华岱、李月、焦志伟等承担了部分编写任务。我们希望奉献给读者一本通俗易懂、实用性较强的工具书，但由于水平所限，不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

杨卫民

2006年11月于北京

目 录

序

前言

第1章 概述	1
1.1 塑料注射成型概论	1
1.1.1 注塑机	3
1.1.2 注塑模具	4
1.1.3 成型条件	5
1.2 注塑机的发展历史	5
1.3 注塑机的研究动态与发展趋势	9
第2章 注射成型原理	13
2.1 注射成型过程的重要阶段	14
2.1.1 塑化、计量过程	14
2.1.2 注射充模过程	16
2.1.3 冷却定型过程	20
2.2 注射成型工艺的特点	23
2.2.1 压力	23
2.2.2 温度	28
2.2.3 速度	30
2.2.4 成型工艺对性能的影响	30
第3章 注塑机结构型式与分类	35
3.1 注塑机构	35
3.1.1 注塑机构的分类及工作过程	35
3.1.2 塑化部件	40
3.1.3 注塑机的驱动系统	58
3.2 合模机构	60
3.2.1 全液压式合模机构	60
3.2.2 液压—机械式合模机构	68
3.2.3 电动机械式合模机构	75
3.2.4 其他类型合模机构	77
3.2.5 调模机构	78
3.2.6 顶出机构	80
3.3 液压系统	80



3.3.1 液压系统组成及分类	81
3.3.2 注塑机对液压系统的要求	83
3.3.3 液压动力元件及执行元件	85
3.3.4 液压阀	92
3.3.5 液压油的选择及使用	96
3.4 注塑机的控制系统	97
3.4.1 注塑机的运动控制系统	98
3.4.2 注塑机的温度控制系统	101
3.4.3 PLC控制系统的原理及应用	104
3.4.4 PLC注塑机电控原理实例	109
3.4.5 PLC与PCC控制系统比较	112
3.4.6 全电动注塑机的控制系统	113
3.5 安全系统	117
3.5.1 注塑机的安全装置	117
3.5.2 注塑机的安全操作规程	118
3.6 注塑机的辅助设备	119
3.6.1 供料系统用辅助加工设备	119
3.6.2 除湿干燥系统	119
3.6.3 高效温控系统	120
3.6.4 机械手	120
3.6.5 喷码设备	121
3.6.6 粉碎设备	121
第4章 注塑机选用原则及调试方法	122
4.1 注塑机的选择	122
4.2 注塑机的安装与调试	127
4.2.1 注塑机的安装	127
4.2.2 注塑机的调试	136
4.3 液压油的使用	140
4.3.1 加入液压油	140
4.3.2 过滤	140
4.4 电源引入	143
4.5 注塑机安全系统的检查	144
第5章 注塑机操作注意事项	146
5.1 注塑机的操作要素	146
5.1.1 注塑机的操作过程	146
5.1.2 注塑机的几种操作方式	148
5.1.3 注塑机的几种加料方式	149
5.1.4 注塑机料筒的清理	149



5.1.5 工艺参数的选择	151
5.2 模具的安装与调试	161
5.2.1 模具的安装	161
5.2.2 模具的调试	164
5.3 注射成型注意事项	166
5.3.1 注塑机操作注意事项	166
5.3.2 模具操作注意事项	167
第6章 注塑机的维修和保养	169
6.1 维修人员应该具备的基本理论知识	169
6.1.1 注塑机的基本结构及其功能	169
6.1.2 注塑机维修保养的一般规律	170
6.1.3 注塑机操作、维修人员的基本技能	177
6.2 注塑机的保养	182
6.2.1 注塑机的整机保养	182
6.2.2 注塑机机械部分的维护保养	184
6.2.3 液压系统的保养维护	188
6.2.4 电气控制系统的维护保养	193
6.3 注塑机维修	194
6.3.1 机械原因引起的故障与解决方法	194
6.3.2 液压系统的常见故障与维修	196
6.3.3 电气控制系统的维修	224
6.4 模具的维修和保养	232
6.4.1 注塑模具的典型结构及零部件的作用	232
6.4.2 模具的保养	233
6.4.3 模具的维修	235
第7章 注塑机使用与操作举例	239
7.1 操作程序	239
7.1.1 开合模单元的设定	239
7.1.2 注射座单元的建立	244
7.1.3 生产画面建立	246
7.1.4 其他功能和设定	247
7.2 注塑机面板操作与注塑工艺优化	248
7.2.1 参数定义	248
7.2.2 编程键盘	249
7.2.3 编程方法	249
第8章 塑料制品注射成型缺陷及其解决措施	270
8.1 注射成型缺陷的类型	270
8.2 注射成型常见缺陷及其产生机理	271



8.2.1 外观类问题	273
8.2.2 工艺类问题	286
8.2.3 性能类问题	293
8.3 克服常用塑料制品质量缺陷的工艺措施	297
8.3.1 影响注塑成型的因素	297
8.3.2 工艺措施	299
附录	313
附录 A 常用树脂的性能及模具选用实例	313
附录 B 常用塑料的注射加工工艺参数	335
附录 C 常用塑料注射工艺参数比较表	350
附录 D 注射成型缺陷与常用解决办法	355
参考文献	357

第 1 章 概 述

1.1 塑料注射成型概论

高分子制品在现代制造业中所占的比重越来越大。其加工制造与金属制品不同，主要采用注射、挤出、模压、吹塑、滚塑等成型方法，其中注射成型制品的种类占绝对多数。注射成型制品已应用到各个领域，尤其在家用电器、电子工业、汽车制造业等行业用量日益增大。注射成型制品的开发和应用，极大地推动了注射成型设备及模具制造业的发展。同时，塑料制品的注射成型加工的极限化趋势，也对新型注塑工艺、注塑机及控制水平提出了越来越高的要求。

在注射成型工艺研究与应用新技术方面，目前主要有以下分支，包括：超高速注射成型、热流道注射成型、低压注射成型、气体或水辅助注射成型、共注射成型、注射压缩成型、传递模塑成型、嵌件注射成型、微注射成型、层状注射成型、微发泡注射成型、结构发泡注射成型、熔芯注射成型、熔体振动注射成型和反应注射成型等。为改善注射成型制品质量的新技术，也有如注射成型可视化、注射成型 CAE 和精密注射成型等。

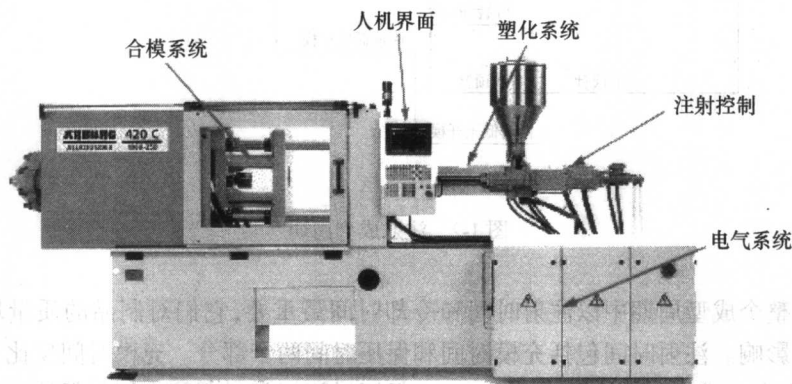


图 1-1 往复螺杆注塑机

尽管当前注射成型加工领域已呈现出百花齐放的繁荣景象，其中聚氨酯类高分子制品的反应注射成型差别较大，气体辅助注射也有许多专门的理论和技术要素，但是往复螺杆塑化注射系统与三板合模系统，在控制系统的操纵下完成塑料

制品注射成型的工艺，还仍然是它们共同的基础。因此，本书将着重介绍这种往复螺杆注塑机的有关知识。

注射成型是将已加热熔化的材料喷射注入到模具型腔内，经由冷却固化而得到成型品的方法。现在的注射成型主要是通过如图 1-1 所示的注塑机来进行的。

注射成型是一种周期性循环往复的生产过程，如图 1-2 所示，按照以下六个步骤顺序执行：合模、注射、保压、冷却、开模和制品顶出。完成一次注射模塑过程所需的时间称为成型周期，也称为模塑周期。成型周期直接影响劳动生产率和设备利用率。因此，生产过程中应在保证质量的前提下，尽量缩短成型周期中各个环节所需要的时间。

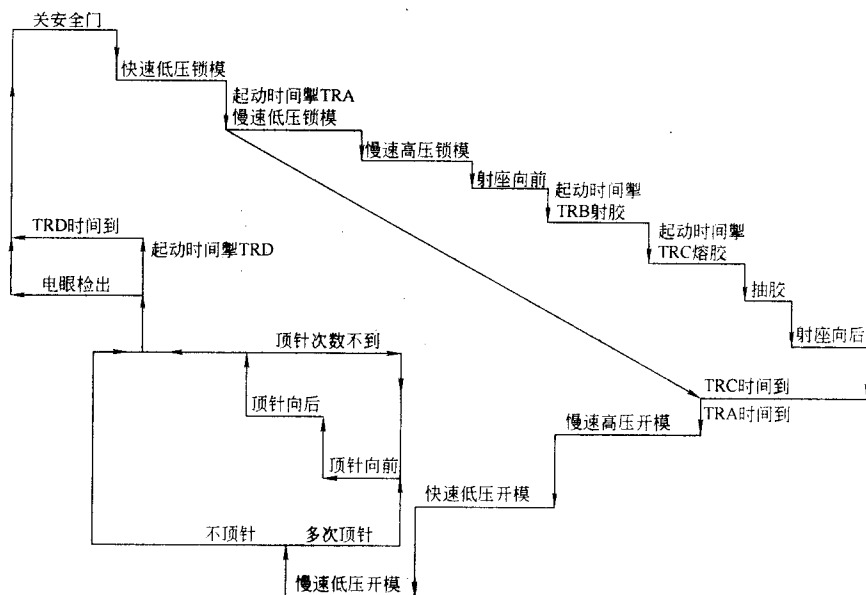


图 1-2 注射成型周期

在整个成型周期中以注射时间和冷却时间最重要，它们对制品的质量均有决定性的影响。注射时间包括充模时间和保压时间两个部分。充模时间反比于充模速率，生产中充模时间一般约为 3~5s。保压时间就是对型腔内塑料保持一定的压力，以完成补缩、冷却定型所需时间。在整个注射时间内保压环节所占的比例较大，一般约为 20~120s（特厚制品可高达 5~10min）。在浇口熔料凝固之前保压时间的多少，对制品的尺寸精度有影响。若在浇口熔料凝固之后继续保压，则对制品尺寸精度基本无影响。保压时间也有最佳值，它取决于料温、模温以及主流道和浇口的大小。如果主流道和浇口的尺寸以及工艺条件都正常，通常以制品收缩率波



动范围最小的压力值为准。冷却时间主要决定于制品的厚度、塑料的热性能和结晶性能以及模具温度等。冷却时间的终点应以保证制品脱模时不引起变形为原则。冷却时间一般约在 30 ~ 120s 之间。冷却时间过长不仅降低生产效率,还会对复杂制件造成脱模困难,强行脱模时甚至会产生脱模应力。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程度等有关。

1.1.1 注塑机

塑料注射成型加工设备就是塑料注射成型机,简称为注塑机或注塑机。由于“注塑机”这一习惯性叫法言简意赅而且流传广泛,因此被确定标准名称。注塑机主要由合模系统、塑化系统、液压系统、电气控制系统和操作界面等几个部分组成。

合模系统的作用是完成模具启闭和锁紧。三板式注塑机合模系统的机构有曲肘连杆式,也有利用液压缸直接施压的直压式。

塑化系统的作用是对树脂加热和剪切塑化后定量地将其注射到模具型腔中。当螺杆旋转时,塑化的物料被输送到螺杆(或柱塞)前端的计量区,螺杆(或柱塞)在尾端推力作用下便将熔融树脂定量地注射到锁紧的模具内部型腔中。

上述两个系统的动作过程,需要在人机界面输入工艺参数后通过电气系统和液压系统来执行。熔融树脂在模具内流动时,特别需要通过控制螺杆的移动以获得所需的注射速度。当达到一定注射量(由螺杆位移传感器获得)或一定注射压力(由压力传感器获得)时,则从速度控制切换成压力控制,这一过程称为保压。其目的是为了补充模具型腔内树脂熔融冷却收缩造成的缺料。

近年来,注塑机发展的两个重要方向是,液压驱动方式的注塑机由传统三板式向两板式发展。而三板式注塑机则由液压驱动型向全电动注塑机发展。

两板式注塑机的特点是取消合模系统后模板,采取与拉杆结合的液压缸直接锁模的方式。因此,两板式注塑机与肘杆式注塑机相比的主要优势有:①结构紧凑,占地面积小;②锁模精度高;③开合模行程大;④减少机械磨损,模具受力均衡,合模系统和模具的使用寿命比肘杆式注塑机长;⑤速度快、效率高、能耗低。

全电动注塑机的特点是在合模系统和塑化系统中用伺服电动机取代旋转运动的液压马达,用伺服电动机与滚珠丝杆组合取代线性运动的液压缸。因此,全电动注塑机与液压注塑机相比的主要优势为:

1) 精度提高。伺服电动机作为动力源,由滚珠丝杆和同步带传动等组成结构简单而效率很高的传动机构,使机构运动控制精度和注射成型制品重复精度大幅度提高。

2) 节省能源。可将工作循环中的减速阶段释放的能量转换为电能再次利用,从而降低了运行成本,比相应的液压驱动注射成型机的能量消耗降低 50% 以上。



3) 改善环保。由于取消了液压系统, 污染源减少, 机器工作噪声降低。

4) 节约成本。全电动注塑机免去了液压系统, 无需对液压油冷却, 大幅度降低了冷却水的用量。

5) 生产周期短。由于合模系统和塑化注射系统控制响应的速度提高, 使注射成型周期缩短。以日精公司生产的 ES200 全电动注塑机为例, 一个产品生产周期只需 0.63s, 合模时间 0.1s, 开模 0.13s, 注射 0.05s, 加料时间 0.25s。

1.1.2 注塑模具

注塑模具是指为了将树脂材料塑造成某种形状的制品, 而用来承接射入树脂的金属制模型。为了满足塑料制品成型和脱模要求, 除了熔体流道和制品型腔外, 还设顶出机构和加热冷却系统, 并用温水、油、加热器等进行温度控制。

在注射成型过程中, 来自塑化系统的熔融树脂在螺杆(或柱塞)的推挤作用下, 由主流道注入模具内, 再通过主流道与分流道最终经浇口填充到型腔内。保压补缩至浇口凝固, 继续冷却至脱模温度后开模, 由顶出装置脱模得到制件, 再经过修饰处理即成为成型制品。

注塑模结构大体上可以分为: 单分型面模具、双分型面模具、侧向分型或抽芯模具、带活动镶件的模具、自动脱螺纹模具、脱模机构设在定模的模具、无流道凝料的模具等。典型的单分型面注塑模结构如图 1-3 所示。

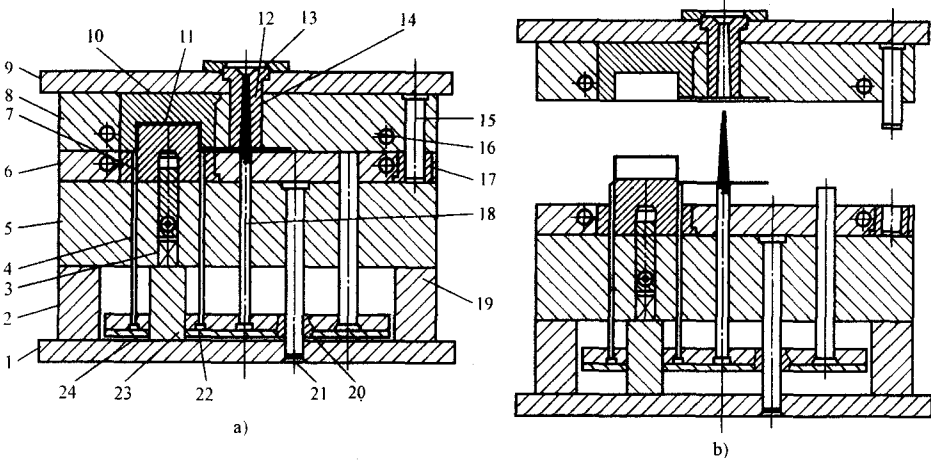


图 1-3 注塑模具结构

a) 模具闭合 b) 模具打开

- 1—下垫板 2—模脚 3—插头 4—顶杆 5—支撑板 6—型芯固定板 7—型芯 8—固芯板
- 9—上垫板 10—型腔 11—塑件 12—主流道衬套 13—定位环 14—主流道 15—导柱
- 16—冷却管道 17—导套 18—拉料杆 19—回程杆 20—导柱衬套 21—推板导柱
- 22—顶杆固定板 23—支撑柱 24—推板



在模具设计方面, CAD/CAE/CAM 已成为模具企业普遍采用的技术。目前, 欧美国家 3D 设计已达到了 70% ~ 89%, 澳大利亚 3D 设计也达到 60%, 而我国只是刚刚起步。CAE 技术在欧美应用逐渐成熟。注塑模设计中应用 CAE 软件, 如 MOLDFLOW 分析在发达国家已经十分普遍, 我国只有少部分企业开始 CAE 技术的应用。

在模具加工制造方面, 选材和加工精度是注塑模具中需要注意的重要问题。材料选取一般根据模具使用次数和精度决定: 长期使用(注射 100 万次以上)的模具应使用高硬度钢, 其硬度为 48 ~ 65HRC; 中等长时间使用(注射 10 万 ~ 100 万次之间)的模具应使用预硬钢, 其硬度为 30 ~ 45HRC; 短时间使用(注射 10 万次以下)的模具采用普通碳钢, 其硬度为 20 ~ 30HRC。材料确定后根据制品要求和成本因素确定合适的加工方式。

目前, 我国约有模具生产企业 2 万余家, 从业人员有 50 多万人, 全年模具产值达 534 亿元人民币。近年来, 模具行业结构调整步伐加快, 主要表现为: 大型、精密、复杂、长寿命模具和模具标准件发展速度高于行业的总体发展速度; 塑料模和压铸模比例增大; 面向市场的专业模具厂家数量及能力增加较快。随着经济体制改革的不断深入, “三资”及民营企业的发展很快。在地域分布上, 东南沿海地区发展快于中西部地区, 南方发展快于北方。模具生产最集中的地区在珠江三角洲和长江三角洲地区, 其模具产值约占全国产值的 2/3 以上。

1.1.3 成型条件

所谓成型条件, 是指为了获得优质的注射成型制品, 利用注塑机操作界面材料筒温度、喷嘴温度、模具温度、注射速度、注射压力、保压压力、保压时间和冷却时间等, 组合成的多个设定条件。由于不同成型条件下得到成型品的外观、尺寸、物理性能和力学性能等不同, 因此要找出最佳的成型条件, 就必须借助熟练的技术与经验, 或者通过 CAE 分析获得工艺参数设定方面的优化组合。

1.2 注塑机的发展历史

注射成型是根据金属压铸成型原理发展而来的。Hyatt 兄弟根据 John Smith 和 Jesse Locke 在 1870 年提出的关于注射金属铸件的专利, 于 1872 年最先申报了纤维素制品填充机的发明专利, 其结构如图 1-4 所示。这就是柱塞式注塑机的原型。

1932 年, H. Gastrow 发明了一种在熔融区带有一个鱼雷头的新型注塑机, 如图 1-5 所示。这种鱼雷头结构增加了流道与塑料的接触面积, 大幅度提高了注塑机的剪切塑化能力。

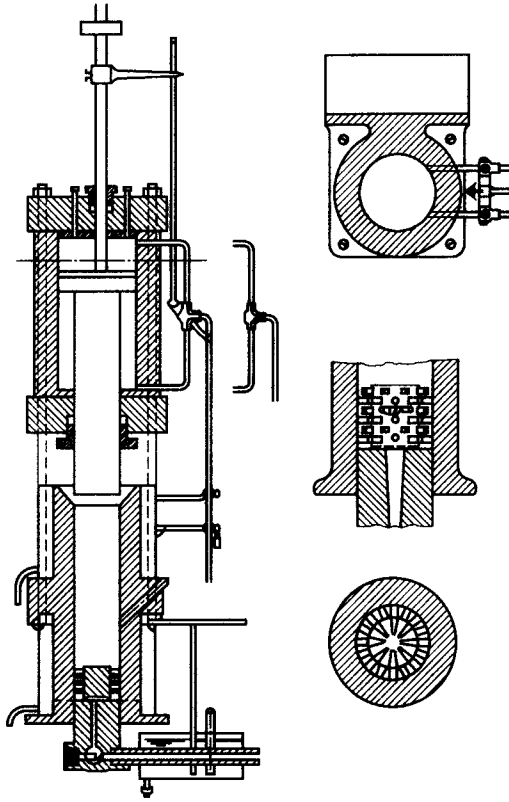


图 1-4 1872 年 Hyatt 兄弟发明的纤维素制品填充机

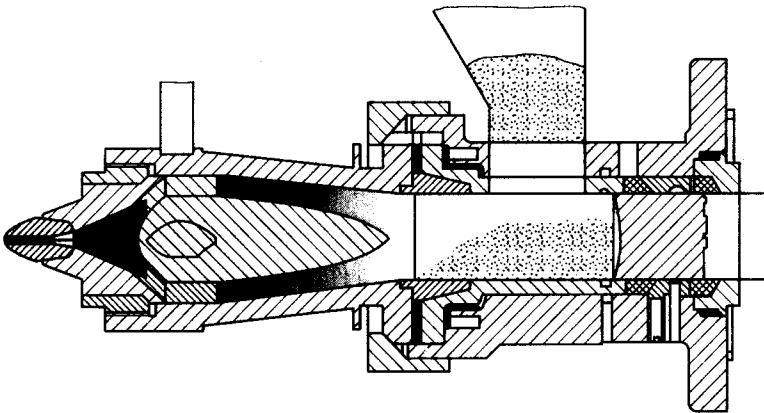


图 1-5 1932 年 H. Gastrow 发明的鱼雷头塑化装置