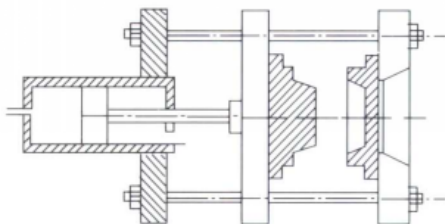


# 注塑技工

## 实用技术

马懿卿 编著



- 作者20年注塑工作经验总结，实用性、指导性强
- 涉及注塑生产及管理知识，专门服务于注塑技工、工程师、管理人员



国防工业出版社

National Defense Industry Press

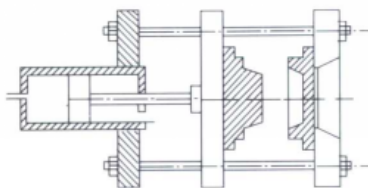
责任编辑：程邦仁 brcheng@ndip.cn

责任校对：钱辉玲

封面设计：李 姗 sli@ndip.cn

# 注塑技工

## 实用技术



► 上架建议：材料 / 塑料 ◀

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-04975-6



9 787118 049756 >

ISBN 978-7-118-04975-6

定价：26.00 元

# 注塑技工实用技术

马懿卿 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

注塑技工实用技术 / 马懿卿编著. —北京: 国防工业出版社, 2007. 3

ISBN 978-7-118-04975-6

I. 注... II. 马... III. 注塑—基本知识 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 012574 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)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 12 $\frac{1}{2}$  字数 318 千字

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 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

## 前 言

近 30 年来,随着塑料材料、模具工业、机械自动化的发展,注塑制品的应用范围出现了很大的变化。各种新型塑料材料、改性材料的出现对塑料制品精度及复杂程度提出更高的要求,注塑加工设备的工作效率、控制精度的提高以及专用化的发展对今天从事注塑加工者提出更高的要求。这就要求,从业者的知识不断更新,技术不断熟练。

对于从事注塑加工的技术人员来说,需要掌握的知识越来越多,不仅要求掌握塑料材料的性能、设备的基本原理、模具的基本结构,还需要掌握制品的结构特征与性能的关系,等等。由于塑料材料的改性品种越来越多,机器性能各异,以及制品的复杂程度增多,掌握一般注塑成型工艺的技术人员很难使机器生产出高质量的制品。针对这些情况,编写了这本书,旨在使广大使用者更加熟悉掌握设备操作与维护原理、工艺控制等方面的技术特性,为使用者提高经济效益打下基础。

本书共分 7 章,第 1 章介绍塑料的加工特征及材料的有关知识;第 2 章介绍注塑机原理及维护保养的知识;第 3 章介绍产品的设计及模具知识;第 4 章讨论注塑成型工

艺控制原理及控制方法;第5章介绍了特种注塑加工方法;第6章讨论注塑加工质量控制的相关因素;第7章介绍注塑工厂管理的相关知识与方法。

本书编写者是具有多年的设计经验及直接处理注塑生产技术经验的高级工程师。在编写本书的过程中,得到了有关同行及同事朋友的关怀及支持,保证了编写工作的顺利进行。本书重点介绍注塑生产过程涉及的物料、设备、模具、管理知识,适合于注塑制品厂的技术人员、设备维护人员、管理人员阅读参考,也可作为注塑企业的员工提高技能的培训材料。

由于编者的水平有限,难免有不妥之处,恳切希望使用本书的读者批评、指正。

编者

2007年1月

# 目 录

第 1 章 注塑用塑料材料	1
1.1 常用塑料的基本特征	1
1.1.1 引言	1
1.1.2 聚合物的结构单元及聚合度	2
1.1.3 高分子聚合物相对分子质量与密度	4
1.1.4 聚合物的物理状态	4
1.1.5 聚合物的物理性能	7
1.1.6 聚合物的流变性能	10
1.1.7 聚合物的可加工性	13
1.1.8 结晶、取向、分解	14
1.2 加工条件与热塑性塑料性能的关系	22
1.2.1 塑料的流动行为	23
1.2.2 工艺条件与塑料性能的关系	25
1.3 注塑常用塑料	26
1.3.1 塑料材料的分类	26
1.3.2 通用塑料	30
1.3.3 通用工程塑料	39
1.3.4 结构性工程塑料	46
1.3.5 耐高温工程塑料	52
1.3.6 塑料合金及热塑性弹性体	56
1.3.7 玻璃纤维增强塑料	58
第 2 章 注塑成型机	60
2.1 常用注塑机的构造	60

2.1.1	引言 .....	60
2.1.2	注塑成型机的分类 .....	60
2.1.3	注射成型机的基本组成结构 .....	61
2.2	注射机主要功能参数 .....	76
2.2.1	设备的标称参数 .....	76
2.2.2	调节变量参数 .....	79
2.2.3	时间的控制 .....	79
2.3	注塑机的维护与保养 .....	79
2.3.1	注塑机的维护 .....	79
2.3.2	定期检查及维护保养 .....	82
2.3.3	部分故障与解决方法 .....	83
<b>第3章</b>	<b>注塑模具概论 .....</b>	<b>86</b>
3.1	注塑产品设计 .....	86
3.1.1	注塑产品的工艺性与设计原则 .....	86
3.1.2	注塑制品设计的要点 .....	87
3.2	注塑模具的结构形式 .....	104
3.2.1	注塑模具的工作原理与分类 .....	104
3.2.2	注塑模具的结构组成 .....	108
3.2.3	浇注系统 .....	109
3.2.4	成型零部件 .....	125
3.2.5	注射模具的基本结构部件 .....	131
3.2.6	顶出脱模机构 .....	135
3.2.7	侧向分型与抽芯结构 .....	144
3.2.8	排气结构 .....	150
3.2.9	温度调节系统 .....	151
3.3	注塑模具的维护与保养 .....	158
3.3.1	注塑模具维护的重要性 .....	158
3.3.2	模具维护的基本步骤 .....	160
<b>第4章</b>	<b>注射成型过程与工艺控制 .....</b>	<b>163</b>



4.1	注射成型原理及其工艺过程	163
4.1.1	注射加工前的准备	163
4.1.2	注射成型原理及其工艺过程	167
4.1.3	制品的后处理	180
4.2	注塑成型工艺参数调控	181
4.2.1	温度参数	182
4.2.2	压力参数	188
4.2.3	时间参数	200
4.2.4	注射成型的用料量	202
4.2.5	合模参数及顶出	203
4.3	多级注射成型技术	204
4.3.1	概述	204
4.3.2	多级注射成型的效果分析	205
4.3.3	多级注射成型的特性曲线(控制)因素	206
4.3.4	多级注射的设置程序	209
4.3.5	多级注射成型工艺的应用	211
4.4	塑料注射工艺参数	215
4.5	试模工艺流程	215
4.5.1	初始条件的确认	218
4.5.2	设定的工艺条件的确认及失效分析	219
4.5.3	试制过程	225
4.5.4	试模过程的输出	226
4.6	常见注塑缺陷及其对策	226
<b>第5章</b>	<b>特种注射成型</b>	<b>233</b>
5.1	精密注射成型与模具	233
5.1.1	精密注射成型的概念	233
5.1.2	可进行精密注塑加工的塑料	236
5.1.3	精密注塑成型的工艺特点	237
5.1.4	精密注塑成型与注塑工艺的关系	239

5.1.5	精密注塑成型模具 .....	241
5.2	气辅注射成型与模具 .....	245
5.2.1	气辅注射成型 .....	245
5.2.2	气辅注射成型的系统 .....	245
5.2.3	气辅注射成型原理 .....	247
5.2.4	气辅注射成型制品及模具的设计原则 .....	249
5.2.5	气体注射成型的工艺特点 .....	253
5.2.6	气辅注射成型的特点 .....	257
5.3	热固性塑料注射加工与模具 .....	258
5.3.1	热固性塑料注射成型概要 .....	258
5.3.2	热固性塑料注射成型对设备及物料的要求 .....	259
5.3.3	热固性塑料注射加工的工艺控制 .....	264
5.3.4	热固性塑料注射模具的特点 .....	269
5.4	低发泡注射成型的工艺及模具 .....	271
5.4.1	概述 .....	271
5.4.2	低发泡注射成型方法和工艺 .....	272
5.4.3	低发泡注射成型模具 .....	276
5.5	反应注射成型 .....	277
5.6	共注射成型工艺 .....	280
<b>第6章</b>	<b>注射成型的质量分析与控制</b> .....	<b>282</b>
6.1	取向与注射成型质量的关系 .....	282
6.1.1	取向与熔体流动的关系 .....	283
6.1.2	影响制品取向的因素 .....	285
6.1.3	取向对制品力学性能的影响 .....	287
6.1.4	取向的控制 .....	289
6.2	注塑制品中的残余应力 .....	290
6.2.1	内应力的产生 .....	290
6.2.2	流动残余应力 .....	291
6.2.3	热残余应力 .....	292

6.2.4	内应力的消除及分散 .....	292
6.3	注塑件的密度分布与收缩 .....	294
6.3.1	注塑件的密度与分布 .....	294
6.3.2	注塑制品的成型收缩率 .....	295
6.3.3	成型收缩率的控制 .....	299
6.4	注塑制品的熔接痕 .....	300
6.4.1	熔接痕的形成及类型 .....	300
6.4.2	影响熔接痕的因素 .....	301
6.4.3	消除或减轻熔接痕的措施 .....	302
6.5	表面缺陷及其预防措施 .....	303
<b>第7章</b>	<b>注塑企业的5S管理 .....</b>	<b>307</b>
7.1	注塑生产的基本特征与基础 .....	307
7.1.1	注塑件的基本特征 .....	307
7.1.2	注塑生产的基本特征 .....	308
7.1.3	注塑加工的环节 .....	311
7.1.4	注塑加工过程质量环与质量因素的控制 .....	312
7.2	注塑企业的管理要素 .....	315
7.2.1	注塑企业的传统 .....	315
7.2.2	注塑企业的传统的建立与发展 .....	316
7.2.3	注塑企业的组织与管理 .....	317
7.3	基于成本控制的管理 .....	318
7.3.1	注塑成本的组成 .....	318
7.3.2	工艺参数与成本的关系 .....	319
7.3.3	模具的状况及维护保养与成本的关系 .....	320
7.3.4	注塑机的维护保养与成本的关系 .....	321
7.3.5	产品的质量控制在成本的关系 .....	321
7.3.6	员工的技能经验与成本的关系 .....	323
7.3.7	管理细节与成本的关系 .....	324
7.3.8	生产成本的控制方法 .....	326

7.4 注塑车间的 5S 管理 .....	333
7.4.1 5S 管理的宗旨与内容 .....	333
7.4.2 精益生产简介 .....	343
附录 .....	351
附表 1 通用塑料的物理力学性能 .....	351
附表 2 通用工程塑料的物理力学性能 .....	353
附表 3 结构工程塑料的物理力学性能 .....	355
附表 4 耐高温塑料的物理力学性能 .....	357
附表 5 塑料合金及弹性体的物理力学性能 .....	359
附表 6 玻璃纤维增强塑料的物理力学性能 .....	361
附表 7 斜导柱倾角、脱模力(抽拔力)、最大弯曲力 之间的关系 .....	363
附表 8 斜导柱倾角、高度 $H_w$ 、最大弯曲力、斜导柱直径 之间的关系 .....	364
附表 9 热塑性塑料的注射工艺参数(一) .....	367
附表 9 热塑性塑料的注射工艺参数(二) .....	369
附表 9 热塑性塑料的注射工艺参数(三) .....	371
附表 9 热塑性塑料的注射工艺参数(四) .....	373
附表 10 热固性塑料注射成型中出现的问题 及解决办法 .....	375
参考文献 .....	377

# 第 1 章 注塑用塑料材料

## 1.1 常用塑料的基本特征

### 1.1.1 引言

在我们的生活周围,几乎天天都能够接触塑料制品,如平常装东西的手提袋;家里的洗衣机、电冰箱、空调机、电话机、吸尘器、电脑等电器外壳;电源的插头外壳;门窗的把手等;就连常常接触的洗衣盆也是塑料制品。除了日常用品外,工业上的用途也很广泛。塑料制品已成为生活的重要组成部分。

塑料材料是由高聚物材料与辅助材料共混而成的一个复合体材料,构成塑料的主要成分是聚合物。聚合物虽是塑料的主要成分,但并不是所有的聚合物都独立具有可加工性;大部分高聚物还需加入一些辅助成分才能满足加工及其使用性能。

作为广泛应用的塑料材料,主要优点表现在以下几方面。

(1)密度小、质量轻。一般塑料材料的密度是  $0.92\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.3\text{g}/\text{cm}^3$ ,大多数在  $1.0\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.4\text{g}/\text{cm}^3$  之间,其中聚 4-甲基-1-丁烯的密度最小,只有  $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ ,只相当于钢材的 11%、铝材的 1/2 左右。

(2)比强度高。按单位质量计算的强度称为比强度。若按比强度计算,一些特殊的塑料制品名列前茅。如钢材的比强度为 160MPa,而用玻璃纤维增强的塑料比强度可达 170MPa~400MPa。

(3)综合性能好。塑料一般是绝缘性产品,化学稳定性高,广泛用于工农产品中。

(4)易加工性。塑料制品可利用各种加工方法,容易加工,工

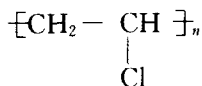
业自动化程度高,产品加工成本低,特别是可加工形状复杂的工业配件制品,近年来模具加工越来越标准化、专业化,计算机辅助设计与制造的出现使塑料加工的自动化程度越来越高,精度越来越高,使用范围越来越广。

(5)塑料制品的精密化、微型化和超大型化。由于塑料制品在各个工业部门中的广泛应用,所以,为了满足各种工业产品的使用要求,塑料成型技术迅速朝微型化、超大型化发展,可成型的制品小到零点几克,大到 100kg,精密注射的制品公差可控制在 0.01mm~0.001mm。

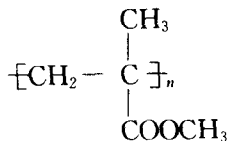
### 1.1.2 聚合物的结构单元及聚合度

聚合物是塑料材料的主要组成部分。高分子聚合物是人们将低分子化合物通过聚合或缩聚反应而合成的一类大分子物质;它是由许多个结构单元组成,结构单元的不同,便形成不同种类的大分子聚合物;而结构单元的数量不同便形成不同相对分子质量或不同聚合度的高聚物。如聚乙烯 $[-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n]$ 为乙烯单体通过聚合而成。不同的单体构成的大分子聚合物又具有不同的材料性能;不同聚合度的高聚物又组成不同相对分子质量的聚乙烯。一般地说高分子聚合物由多个结构单元复合而成, $n$ 代表了高分子聚合物的结构单元个数,也称为聚合度。如

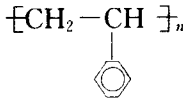
聚氯乙烯



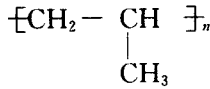
聚甲基丙烯酸甲酯



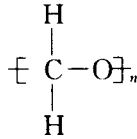
聚苯乙烯



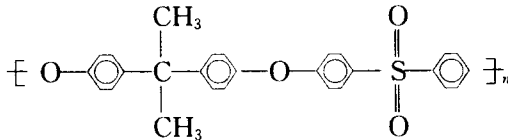
聚丙烯



聚甲醛



聚砜



部分高聚物的单元结构如表 1-1 所列。

表 1-1 部分高聚物的单元结构

高聚物的重复单元	名称	通俗名称	英文缩写
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	聚乙烯	高密度聚乙烯 低密度聚乙烯	HDPE LDPE
$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$	聚丙烯	丙纶	PP
$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$	聚氯乙烯	氯纶	PVC
$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-$	聚甲基丙烯酸甲酯	有机玻璃	PMMA
$-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OCO}-\underset{\text{CH}_2}{\text{C}}-$	聚对苯二甲酸乙二醇酯	涤纶	PET
$-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$	聚己内酰胺	尼龙 6	PA-6

同一种高分子化合物的分子中含的链节数并不相同,所以高分子化合物实质上是由许多链节结构相同而聚合度不同的化合物组成的混合物,其相对分子质量与聚合度都是平均值。

### 1.1.3 高分子聚合物相对分子质量与密度

高分子聚合物既然是由重复的结构单元组成的,那么只需知道聚合度便可以计算出理论分子量。高分子聚合物是不同聚合度的聚合物形成的混合物,因而对于一种高分子聚合物来说,其聚合度是一种平均值,高分子聚合物其相对分子质量也是平均值,即平均分子量  $\bar{w} = \text{结构单元的相对分子质量} \times \text{平均聚合度}$ 。

高分子聚合物分子结构是大分子结构,这些大分子堆集在一起,因而高分子聚合物的分子状态与其形成的密度关系密切。如果高分子链结为直链段时,其堆集密度较大,而高分子链段含有支链时,其相对密度较小。聚乙烯分子的堆集密度比聚丙烯分子堆集的密度大(PE的密度为  $0.96\text{g}/\text{cm}^3$ ,而PP的密度为  $0.92\text{g}/\text{cm}^3$  是塑料中最轻的品种之一)。高分子聚合物的密度与其组成的结构单元的关系也非常密切。不同的结构单元,其相对分子质量也不尽相同。

同样结构单元的高分子聚合物,由于其在聚合反应时的条件不同,形成的聚合物性能及密度也不同。如聚乙烯在高压的条件下,形成低密度聚乙烯。而在低压反应条件下形成的是高密度聚乙烯。高密度聚乙烯比低密度聚乙烯材料的各项性能优越,强度及密度也有所增加。

### 1.1.4 聚合物的物理状态

大分子聚合物在不同的条件下会表现出不同的分子热运动特征,这些特征形状称为聚合物的物理状态。聚合物的物理状态分为玻璃态(结晶聚合物称为结晶态)、高弹态和黏流态3种。当外界条件(温度)达到转化的要求时,3种状态可以发生相互转变。影响聚合物物理状态转化的因素较多,如分子结构、化学组成、受



力状况和环境温度等。对于任何一种聚合物来说,物理状态的变化主要依赖于聚合物本身的温度变化。图 1-1 所示为聚合物物理状态与温度变化的关系,其中  $T_g$  称为玻璃化温度,是聚合物从玻璃态状态转化为高弹态(或从高弹态转化为玻璃态)的临界温度; $T_f$  为黏流温度,是聚合物从高弹态转化为黏流态(或从黏流态转化为高弹态)的临界温度;对于结晶材料来讲  $T_f$  为熔点; $T_d$  为热分解温度,是聚合物在高温下开始分解的临界温度。

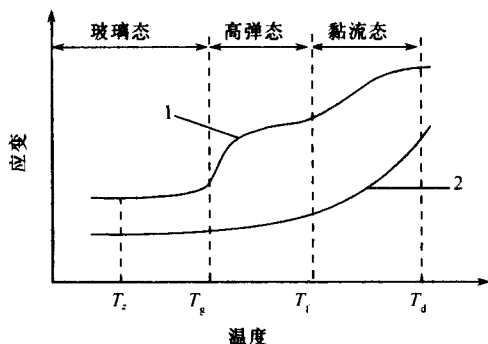


图 1-1 聚合物物理状态与温度的关系

1—结晶型聚合物; 2—非结晶型聚合物。

处于  $T_g$  以下的玻璃态(或结晶态)的高聚物,呈坚硬固体状态。内部大分子链之间的自由空间很小,分子链段处于冻结状态,弹性模量和力学强度都比较高,在外力的作用下,只能发生很小的弹性变形;因而无法进行注射加工及其他模型加工,但可以进行机械加工如车、铣、刨等切削加工。高聚物的  $T_g$  大小与高聚物的分子结构状态有关,通常大多数塑料的  $T_g$  高于室温,而少数塑料的  $T_g$  低于室温。所有的高聚物在  $T_g$  温度以下存在一个脆化温度  $T_r$ ,聚合物在此温度下受力作用很容易产生断裂现象,所以  $T_r$  是塑料制品使用的下限温度。

非结晶聚合物在  $T_g \sim T_f$  之间处于高弹态,此时温度高于玻璃化温度  $T_g$ ,聚合物体积会发生膨胀,大分子内部的自由空间增大,虽然大分子链段本身仍处于冻结状态,但个别链段具有一定