

注塑模设计—102 例—

〔西德〕H. 盖斯特罗 编著

王文展 等译

国防工业出版社

注 塑 模 设 计

—102 例—

〔西德〕 H. 盖斯特罗 编著

王 文 展 等译

国 防 工 业 出 版 社

内 容 简 介

《注塑模设计102实例》由〔西德〕H. 盖斯特罗编著。书中介绍的102个实例不但经济合理、构思巧妙，而且都是经过生产实践长期考验的。

全书分概论；浇注系统及进料；推顶系统；侧凸凹的类型；脱模方法；热固性塑料和合成橡胶模；特殊设计等七章。书中除了详细阐述102个实例的结构特点及动作原理外，还介绍了注塑模设计中的一些基础知识，并对模具的结构经济性进行了分析。

本书可供注塑模设计工作者直接参考使用，也可作大专院校有关专业的教学参考书。

Injection Molds 102 Proven Designs

Hans Gastrow

Macmillan Publishing Co. 1983

注 塑 模 设 计

—102例—

〔西德〕H. 盖斯特罗 编著

王 文 展 等译

责任编辑 张仁杰

国防工业出版社出版、发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张15¹/₄ 345千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷 印数：0,001—4,065册

ISBN 7-118-00406-5/TH27 定价：7.85元

译者的话

1966年出版了〔西德〕H. 盖斯特罗的《注塑模设计 102 实例》一书,以后几经修改、补充后再版,并先后被译成英、日等版本在世界模具行业中畅销。本书译自 1983 年出版的《Injection Molds—102 Proven Designs》。

塑料制品在日常生活用品、办公用品、家用电器、计算机、汽车和机械零件中都有广泛应用。我国这几年注塑工业发展很快,但是与塑料制品的成本和质量直接有关的模具,从设计到制造都比较落后。注塑模设计方面的书籍也很少。我们翻译这本书是想给注塑模设计工作者提供一本实用性较强的参考书,为振兴我国的注塑工业出点微薄之力。如果模具设计工作者借鉴书中的实例,能创造出更加先进合理的模具结构,我们将感到无限欣慰。

参加本书翻译工作的有王文展、梁复明、吴志明、傅晓平、范春林等。由于我们的专业知识和外语水平都有限,错误之处肯定难免,恳请广大读者指正。

原 序

H. 盖斯特罗工程师在五十年代中期发表了许多注塑模设计实例，这些实例在 1966 年被收集并出版了德文第一版。该书出版后得到了广泛好评，因为在这以前还没有这类书籍出版过。当时，注塑工业正开始飞速发展，由于该书介绍的模具实例经济上可行，结构上合理，所以引起了人们的极大兴趣。H. 盖斯特罗在初版后不久去世。1975 年在初版的基础上又作了再版。因为当时不打算把此书写成一本教材，所以书中选择的设计实例都是人们感兴趣的，并且都是经过生产实践考验的。该版本除保留 H. 盖斯特罗的原始实例外，又增加了一些年青专家提供的实例。本书译自德文第三版，书中除新增大量实例外，还对模具结构原理做了说明，同时还补充了热浇道模这个专题。用实例解决的问题包括工艺最简单的模具和最复杂的多级开启模具。

编者和出版者对各位作者在提供图例、模具功能阐述及设计思想的详细说明方面给予的合作和支持深表感谢，同时对本英文版的译者埃尔玛·特里梅尔和库尔特·亚力克斯博士致以谢意。

编者特别感谢 W. 霍夫曼工程博士，没有他在实例原文方面的大量准备工作，该书是决不能写成的。

编者和出版者

1983 年夏

设计实例表

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 线架四型腔模 (Ga) | 道模 (Gr) |
| 2 电机壳四滑块注塑模 (G-G) | 31 HDPE 霰弹壳 24 型腔侧进料模 (Wo) |
| 3 ABS 覆盖件注塑模 (Tr) | 32 聚缩醛高强度雪橇固定器四型腔热浇道模 (Sch) |
| 4 生产 ABS 盒的四型腔注塑模 (Tr) | 33 刷柄八型腔注塑模 (Ga) |
| 5 量杓六型腔模 (Ga) | 34 壳体注塑模 (G-G) |
| 6 六升方型容器 (冰淇淋容器) 注塑模 (Oe) | 35 薄壁套筒注塑模 (Gr) |
| 7, 8, 9, 泵叶轮可供选择的几种模具结构 (So) | 36 长薄壁管塑件注塑模 (Oe) |
| 10 三角皮带轮注塑模 (Gr) | 37 盒和盒盖四型腔注塑模 (Ga) |
| 11 顶板复位安全装置 (Gr) | 38 药片管注塑模 (Ga) |
| 12 套筒八型腔注塑模 (Mü) | 39 机械推顶和气动推顶相结合的试验模具 (Ga) |
| 13 平塑件自动切除进料口注塑模 (Ga) | 40 聚丙烯杯气动推顶注塑模 (Bo) |
| 14 深塑件外进料自动切除进料口注塑模 (Ga) | 41 有旋出螺纹机构的注塑模 (So) |
| 15 内进料深塑件注塑模 (Ga) | 42 有内螺纹的阀杆注塑模 (Gr) |
| 16 带金属嵌件的塑件注塑模 (Ga) | 43 压力螺母四型腔注塑模 (Oe) |
| 17 含金属管的圆珠笔管注塑模 (Ga) | 44 水混合阀阀套注塑模 (Oe) |
| 18 小齿轮注塑模 (Ga) | 45 瓶口带螺纹的化妆膏瓶三型腔注塑模 (So) |
| 19 用潜伏式进料口的衬套注塑模 (Oe) | 46 新式密封件八型腔热浇道注塑模 (Ha) |
| 20 中心冲切切除进料口的多型腔注塑模 (Ga) | 47 有切除进料口装置的圆珠笔杆 16 型腔注塑模 (Ha) |
| 21 盖类零件注塑模 (Tr) | 48 密封塞八型腔热浇道注塑模 (Ha) |
| 22 窥视镜八型腔注塑模 (Ga) | 49 抗冲击聚苯乙烯影片盘双型腔热浇道注塑模 (Ha) |
| 23 表玻璃通用注塑模 (Ga) | 50 有三处螺纹的盖子注塑模 (G-G) |
| 24 有三个进料口的热浇口套注塑模 (Oe) | 51 自来水笔吸水管四型腔注塑模 (Ga) |
| 25 PE 盖六型腔绝热浇道注塑模 (Ga) | 52 塑件在垂直开模方向有几个分型面的注塑模 (Ga) |
| 26 聚缩醛平底杯四型腔热浇道模 (Un, Hö) | 53 泵套及泵活塞注塑模 (G-G) |
| 27 气溶胶罐盖热浇道模 (So) | 54 导向螺母磨损补偿调节装置 (Ha) |
| 28 窥视镜热浇道模 (Gr) | 55 带密封锥和无分型接缝外螺纹的电池封盖注塑模 (Ga) |
| 29 雾化泵精密塑件 32 型腔模 (Bl, Un) | |
| 30 带旋出螺纹装置的四型腔螺纹盖热浇 | |

- 56 聚丙烯螺纹颈容器注塑模 (G-G)
- 57 有两个螺纹柱头的盖板注塑模 (G-G)
- 58 弯曲瓶嘴注射模 (Ha)
- 59 有内周边沟槽塑件的注塑模 (So)
- 60 螺帽四型腔冷浇道注塑模 (Gr)
- 61 ABS 塑料眼镜架注塑模 (Ha, Sa)
- 62 增强塑料开缝活节注塞注塑模 (Ha)
- 63 螺帽内进料注塑模 (Ga)
- 64 有内螺纹的大塑件单型腔注塑模 (Ga)
- 65 电动旋出螺纹的注塑模 (Ga)
- 66 螺纹盖 16 型腔注塑模 (Ga)
- 67 上电缆线夹八型腔注塑模 (Ga)
- 68 塑件在分型面上有内螺纹的注塑模 (Ga)
- 69 螺纹塞八型腔注塑模 (Ga)
- 70 连接套筒双型腔注塑模 (Gr)
- 71 有旋出螺纹装置的螺帽四型腔拼块式注塑模 (Ha)
- 72 三升瓶的螺帽塞四型腔热浇道注塑模 (Ha)
- 73 分线箱注塑模的旋出螺纹装置 (Ha)
- 74 有曲线抽芯机构的注塑模 (Ga)
- 75 有液压抽芯机构的注塑模 (Ga)
- 76 自动测速管液压抽芯注塑模 (Gr)
- 77, 78 电缆端头液压抽芯注塑模 (Gr)
- 79 绕线架滑动拼块注塑模 (Ga)
- 80 用二次推顶的滑动拼块注塑模 (Ga)
- 81 自来水笔套八型腔注塑模 (Ga)
- 82 定模设置长型芯并有滑动拼块的注塑模 (Ga)
- 83 塑料盘注-压模 (Mü)
- 84 有旋转退芯机构的球柄五型腔注塑模 (Mü)
- 85 热固性塑料薄壁罩注塑模 (Gr)
- 86 合成橡胶圈多型腔注塑模 (Mü)
- 87 用冷浇道板的橡胶缓冲垫注塑模 (Mü)
- 88 插头注塑模 (Ga)
- 89 斜齿轮注塑模 (Ga)
- 90 衣架 12 型腔注塑模 (Ga)
- 91 有外加强筋的包装筒注塑模 (Oe)
- 92 液体量筒三型腔注塑模 (So)
- 93 双色旅行杯注塑模 (So)
- 94 双色水龙头手轮注塑模 (So)
- 95 带金属嵌件的固定螺母六型腔注塑模 (So)
- 96 配有连续编号印字装置的注塑模 (So)
- 97 封闭式电器安全插头注塑模 (So)
- 98 在钢缆上自动成形输送盘的注塑模 (So)
- 99 垫圈注塑模 (He)
- 100 聚苯乙烯盒盖叠层式热浇道注塑模 (Ha, Gn)
- 101 2×8 型腔聚苯乙烯矩形盒叠层模 (Ha)
- 102 托盘热浇道叠层式注塑模 (Ha)

目 录

著作者姓名缩写

B1 = Blauert	Mü = Müller
B ₀ = Bormuth	Oe = Oebius
Gr = Gaiser	Sa = Sander
Ga = Gastrow	Sch = Schulz
G - G = Gemmer und Geyer	So = Sors
Gn = Großmann	Tr = Trapp
Ha = Hartmann	Un = Unger
He = Henkel	Wo = Wolff
Hö = Hörburger	

设计实例表.....	VI
1 概论.....	1
1.1 注塑模分类.....	1
1.2 模具设计顺序.....	1
1.3 大型容器注塑模壁厚计算.....	1
1.4 斜度对注塑模设计的影响.....	5
1.5 注塑模的温度控制.....	7
1.6 镶块的固定.....	26
1.7 注塑模最经济型腔数的确定.....	27
1.8 怎样才能降低注塑模制造成本.....	34
1.9 柱形和圆锥形注塑件的开模力与顶出力.....	44
1.10 注塑模的防护.....	51
2 浇道系统及进料.....	54
2.1 浇口及浇道尺寸的确定.....	54
2.2 自动切除进料口的注塑模（三板模和四板模）.....	57
2.3 内冲切切除进料口的注塑模.....	69
2.4 内部机械剪切切除进料口的注塑模.....	71
2.5 绝热浇口套.....	76
2.6 绝热浇道系统.....	77
2.7 热浇道注塑模.....	78
3 推顶系统.....	98
3.1 概述.....	98
3.2 用顶杆和不用顶杆的平塑件.....	101
3.3 用顶杆的深塑件.....	103
3.4 用脱件板推顶.....	108
3.5 气动推顶.....	112
3.6 旋出螺纹的模具.....	115
4 侧凸凹的类型.....	120
4.1 有外侧凸凹或外螺纹的注塑件.....	120
4.2 无分型接缝的外螺纹注塑件.....	138

4.3 有内侧凸凹的注塑件	144
4.4 有内螺纹的注塑件	152
5 脱模方法	176
5.1 机械式抽芯	178
5.2 液压抽芯	176
5.3 脱件板上的滑动拼块	184
5.4 定模上的滑动拼块	188
6 热固性塑料及合成橡胶注塑模	192
7 特殊设计	203

1 概 论

1.1 注塑模分类

对满足各种用途的塑件的大量注塑模进行认真评价后,就可以以某种基本方法按其结构的不同将模具分类。当然,为了清楚起见,这种分类不可能包含所有特殊类别的组合。完全可以相信,新的知识和经验将对分类作出必要的补充。

然而,如果这种分类能以尽可能详细和清楚的方式介绍模具设计中积累的经验,就达到了目的。在模具设计者面临一个新问题时,他能在这些实例中找到待设计模具的相似之处。此外,还应努力去研究已有的经验,创造一些更好的结构,而不是简单地照搬已有的模具结构。

自动注射机上用的模具,其基本要求是注塑件能够从模具中自动顶出,而不需要辅助工序(切除进料口、加工到要求尺寸等等)。

从实际观点看,注塑模应该根据主要结构特征和工作方式进行分类:

- (a) 进料口的形式及其切除方法。
- (b) 塑件顶出方式。
- (c) 塑件上是否有内外侧凹凸部分。
- (d) 塑件的脱模方式。

下面的论述和实例都是根据上述原则编写的。凡是必要的地方,有其他章节可供互相参考。

1.2 模具设计顺序

图 1.2/1 表示模具顺序设计中所遵循的流程图。

通常在模具的初步设计中要求和结构的可能性联系起来考虑。这个未花费太多时间和精力搞出来的初步设计还需进行修改,它只能为讨论方案和进一步安排生产提供一个有用的基础(如型腔数和注射机的选择),不必把它搞得太详细。在许多情况下,标出尺寸的草图已能满足实际要求了。

只有在零件设计已经完成并且弄清了影响模具设计的全部要求之后,才能进行模具的最终设计,然后将此设计作为模具制造者的加工依据。

1.3 大型容器注塑模壁厚计算

小型注塑模的壁厚通常根据经验确定,因为小型注塑模模板上通常采用淬硬镶块,模壁在注射压力下很少发生变形或破裂现象。但是,大型注塑模的情况就完全不同了,一方面应尽量少用优质钢,因为尺寸太大会使模具费用更高;另一方面,要测出深容器注射模壁所受的力也并不容易。因此,下面讨论计算所需壁厚的数学方法。

以底 $50 \times 12\text{cm}$, 高 40cm 的蓄电池外壳为例说明。

(1) 型腔中的压力

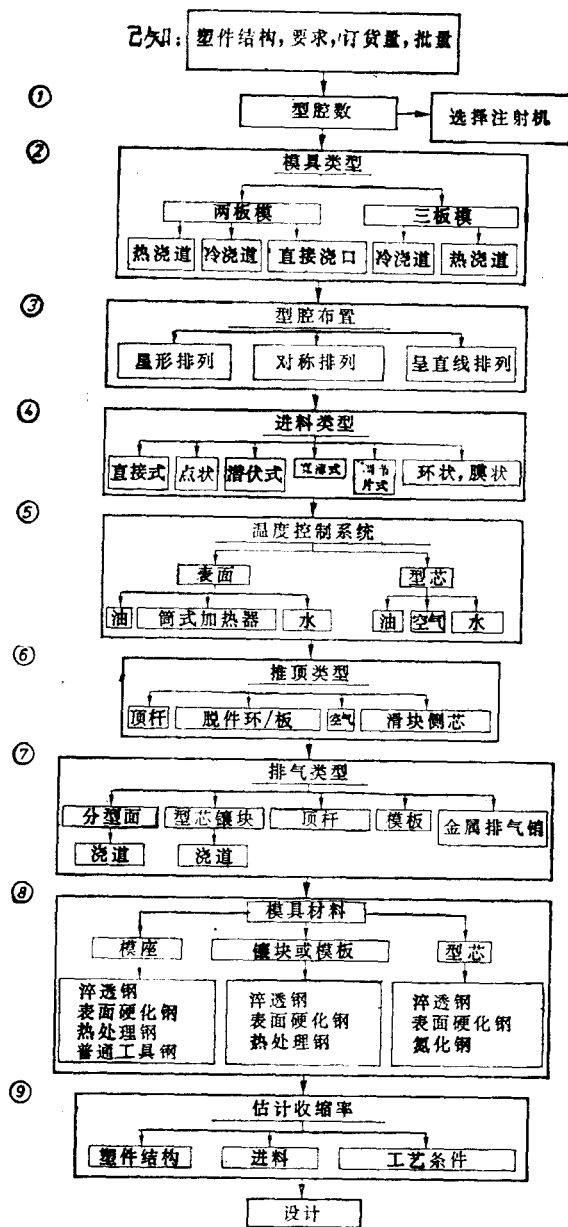


图1.2/1 模具顺序设计流程图

通常假设, 型腔充满后在型腔中的平均压力约为 400bar。但是, 由于型腔中的流动阻力, 流道末端的压力比进料口压力要小得多, 所以注射压力通常要高得多。然而, 由于用热模具和高温熔料, 型腔中的压力梯度可以比一般生产条件下的压力梯度小得多 (即使在这种载荷下, 模壁也不容许变形), 所以我们认为 400bar 的型腔内压是可靠的。

(2) 锁模力

对大多数注塑件来说, 塑件在注射机开启方向上的高度比底面小。所以对这种塑件模具来说, 侧壁大小是无关紧要的, 型腔内压主要作用在锁模力方向上。锁模力必须大于注塑件底面积和型腔内压力之积。这里型腔内压力为 400bar, 容器底面积为 $50 \times 12 =$

600cm^2 。若塑件上不产生飞边，则锁模机构必须至少提供 $600 \times 400 \times 10 = 2400000 \text{ N} = 2.4\text{MN}$ 的锁模力。

(3) 底面模壁尺寸的确定

底面模壁厚度不是关键，因为注射机定压板上的孔比较小，并且作用在此面上的力往往被很厚的机器定压板所吸收。但是，因为模具固定板内通常有冷却水道，强度受到削弱，因此也不应做得太薄。

由于考虑到在 40cm 深的地方加工困难，通常在型腔底部镶一块底板更加可行，此时，仍认为容器的型腔是在整体钢块上加工成的。

(4) 大侧壁计算

对于一个已注满的模具来说，每个 $50 \times 40\text{cm}$ 的大侧壁所受力为 $50 \times 40 \times 400 = 8\text{MN}$ 。这个数字说明：若这些侧壁受到注射压力作用时，要使变形量不超过允许值，就必须非常厚。若在整体钢块上加工成容器的型腔，则模壁的最大负荷发生在钢块的开口端。图 1.3/1 和图 1.3/2 表示模具的垂直剖面 and 水平剖面，(a) 是型芯，(b) 是脱件板，(c) 是通常所说的型腔，即容器型腔已经加工在该钢块中。确定型腔与型芯相对位置的导柱，图中没有画出。对于图 1.3/3 和图 1.3/4 所示的注塑模，两个半模定位不用导柱更好。

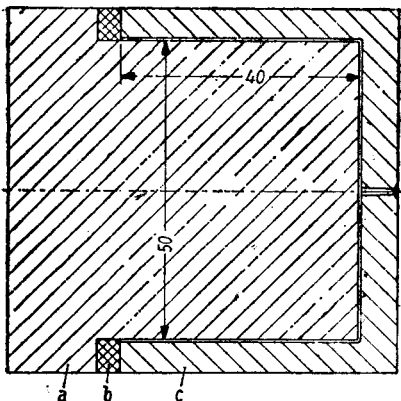


Fig. 1.3/1

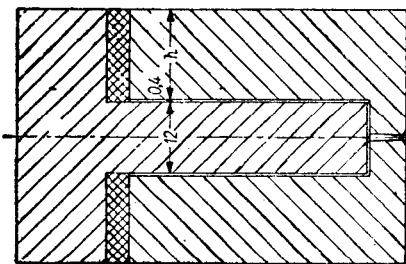


Fig. 1.3/2

图1.3/1和图1.3/2 底面 $50 \times 12\text{cm}$ ，
高 40cm 的箱型容器模具剖面

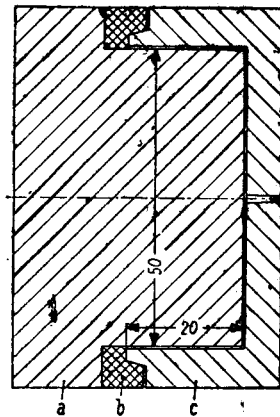


Fig. 1.3/3

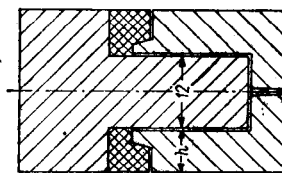


Fig. 1.3/4

图1.3/3和图1.3/4 高度仅 20cm 的
箱型容器注塑模

图1.3/1~1.3/4中 (a) 型芯；
(b) 脱件板；(c) 型腔。

为了计算壁厚，设想在型腔的开口端切出 1cm 窄条，则作用在长 50cm 、宽 1cm 窄条上的力为 $50 \times 1 \times 4000 \text{ N} = 0.2\text{MN}$ 。

为了在超载情况下仍足够安全,即使用合金钢做的型腔也不应该使弯曲应力 σ_b 超过 200 N/mm^2 。

下列公式可用于计算壁厚,其中字母的含义如下:

$$W = \text{阻力矩} = \frac{bh^2}{6} (\text{cm}^3)$$

$$I = \text{惯性矩} = \frac{bh^3}{12} (\text{cm}^4)$$

b = 宽度 (cm)

h = 高 (壁厚) (cm)

模壁受一个弯曲负荷。为了计算此负荷,我们假设两端固定,然后应用下列公式:

$$W = \frac{Pl}{12\sigma_b} (\text{cm}^3)$$

$$f = \frac{10Pl^3}{384EI} (\text{mm})$$

式中 f ——最大挠度 (mm); P ——总负荷 (N); l ——负载面的长度 (mm);
 E ——弹性模量 $=210000 (\text{N/mm}^2)$ 。由负荷 $P=200000\text{ N}$ 计算所需的阻力矩为:

$$W = \frac{200000 \times 50}{12 \times 200000} = 41.5 (\text{cm}^3)$$

那末,所需的壁厚 $h = \sqrt{41.5 \times 6} = 15.8 (\text{cm})$ 。因此,模壁必须厚 16 cm 。还必须检查危险位置在负载下的最大挠度。

对于厚 16 cm ,宽 1 cm 的模壁,其惯性矩为:

$$I = \frac{1 \times 16^3}{12} = 341 (\text{cm}^4)$$

由此产生的挠度为:

$$f = \frac{10 \times 200000 \times 50^3}{384 \times 210000 \times 341} = 0.09 (\text{mm})$$

因此,注塑件中心的壁厚几乎比边缘厚 0.1 mm 。

(5) 型腔窄侧壁计算

由于容器侧面窄小,所以没有必要计算挠度。 1 cm 宽的窄条上的拉应力为:

$$\sigma_s = \frac{200000}{2h \times 1}$$

假设许用拉应力为 200 N/mm^2 ,则壁厚为 $h = 5\text{ cm}$ 。

(6) 浅容器计算

如果要加工容器的深度比横截面小得多(参见图1.3/3和图1.3/4),就可以得到较好的受力条件,并使靠近型腔 c 口部四周的较薄侧壁与带有锥度的脱件板 b 相贴合。对于大侧壁,相当于载荷作用在一端固定、另一端简支的梁上。下面的计算结果用于从型腔的 50 cm 宽的侧壁上切取的 20 cm 长 $\times 1\text{ cm}$ 宽的窄条上:

$$W = \frac{Pl}{8 \times \sigma_b} = \frac{20 \times 400 \times 20}{8 \times 2000} = 10 (\text{cm}^3)$$

$$h = \sqrt{10 \times 6} = 7.7 (\text{cm})$$

在此情况下,窄侧壁横截面负荷与大侧壁的情况相同。因此要求壁厚为 7.7cm。

现在来计算 40cm 高的容器,用脱件板吸收型腔开口处侧壁上所受的力能否使壁厚显著减少,并因此而节约材料。为了便于计算,假设受力情况和浅容器相同,即梁的一端固定,另一端简支。并且梁的长度必须取 40cm。

$$W = \frac{Pl}{8 \times \sigma_b} = \frac{40 \times 400 \times 40}{8 \times 2000} = 40 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$h = \sqrt{40 \times 6} = 15.5 \text{ (cm)}$$

与前面计算的大侧壁厚度 15.8cm 相比较,这种情况(即深型腔)用脱件板吸收注射压力好处不大。然而,对于大的箱形容器,用导板导向比导柱更好,因为导向面越大,就越能更好地防止型芯错位。

1.4 斜度对注塑模设计的影响

例 1 线架四型腔模

由于结构要求,有时在注塑模中必须采用的斜度正好与塑件容易从模具中取出的脱模斜度相矛盾。

这个实例要求生产由相同两半组成、并可拆卸的保护线架。这样的线架在一副模具中可以同时生产四件。

塑件外表面在定模中成形,而塑件从动模型芯上取下的这种常规模具不能采用。因为要求把相同的两半装配成一个线架,就需要把线架的一半做成在一个方向上带外斜度,而另一半在反方向上带有斜度。或者完全不带斜度。

在线架壁中央相反脱模斜度的两壁之间有约 1 mm 的间隙。为了使两半线架互相结合在一起,包住两个型芯的线架内壁也必须有相反方向的斜度。上述要求排除了线架外壁在定模中成形的可能,因为那样至少沿半周会使脱模斜度方向不对。

如果在圆角直达顶表面的动模上成形半线架,那么侧壁(仅为 0.5mm 厚)一般必须同时从型芯和型腔表面脱模。

众所周知,尽管钢表面经过仔细研磨,但这样薄的壁仍会粘附在型腔里,作用在线架底部的顶杆,不但不能把侧壁顶出,反而会把线架底顶穿。

这个问题只能用内、外壁连续脱模,而不能用同时脱模的方法来解决。至于外表面先脱模还是内表面先脱模都无关紧要。

本例中线架的侧壁是由动模板成形的,此动模板在塑件从型芯上脱下时可以随顶杆向前移动一定距离。一旦塑件同型芯分离,由于塑件的收缩,外表面从动模板上脱开,则塑件很容易被顶出。

脱模运动决不是贯穿整个开模行程的始终。对于通常的单方向脱模斜度,顶出运动只要几毫米就足够了,在此期间塑件的内外表面便可顺次顶出。

这种模具究竟是采用单独的淬硬型腔(镶块),还是在淬硬钢板上加工出各个型腔和孔呢?可以预料,后者的淬火变形很大,对导柱孔特别不利。

当然,最后方案的确定在很大程度上还取决于模具制造车间的设备。如果有坐标磨床,那么淬火变形就无关紧要了,因为模板淬火后,导柱孔可以重新磨削。

然而,和本例中一样大小的模板,防止淬火变形的最简单方法是把型腔镶块装在用

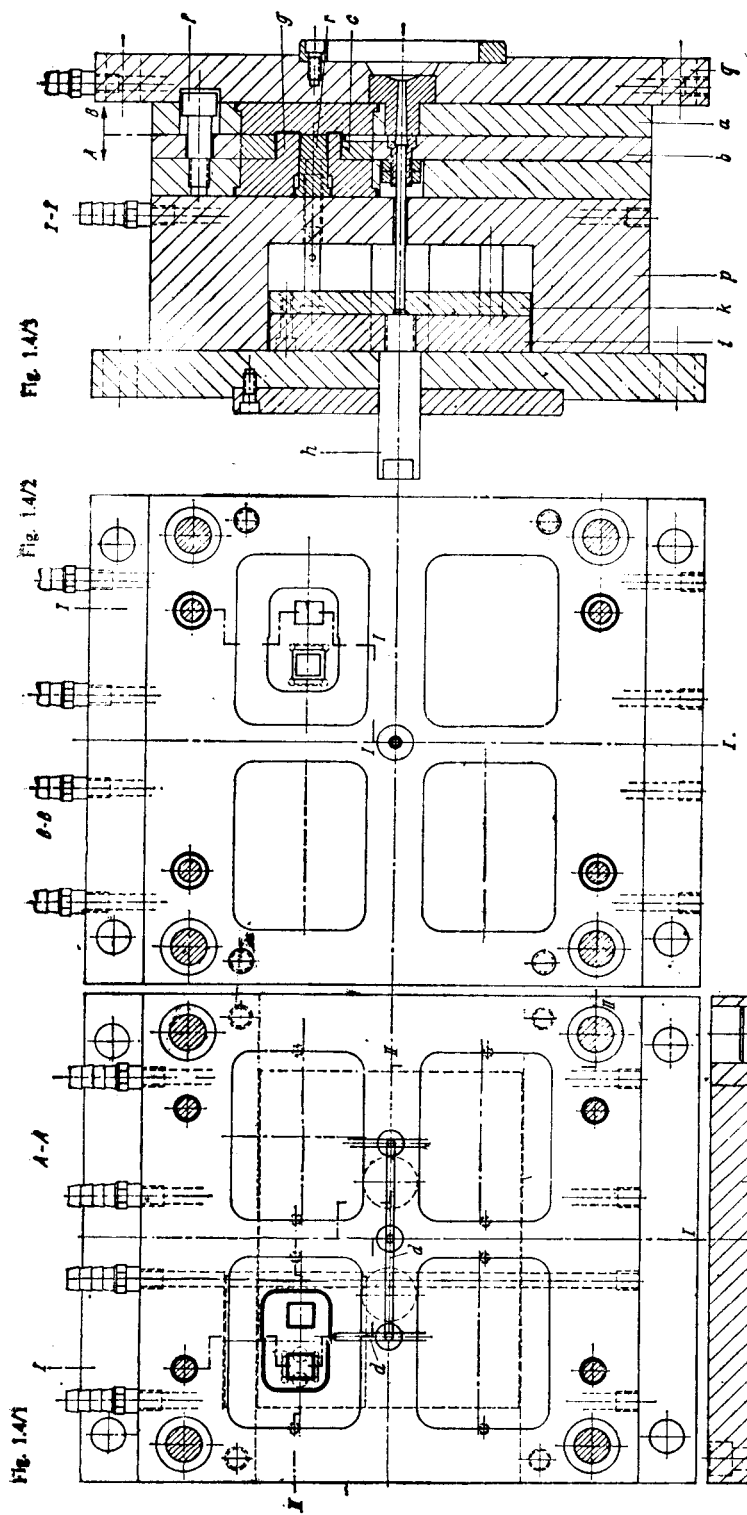


图1.4/1~1.4/4 线架四型腔模 (例1)

(a, b) 模块固定板, (c) 定模模块, (d) 浇道, (e) 导柱, (f) 限位
螺钉, (g) 型芯, (h) 顶杆, (i, k) 顶板, (l) 片状顶块, (m) 顶出
芯杆, (n) 顶杆, (o) 型芯, (p, q) 冷却板。

Fig. 1.4/4

回火钢做成的镶块固定板中。调质到 $1000 \sim 1100 \text{ N/mm}^2$ 是可行的, 因为用镶块结构形式, 浇道在某种程度上也是设置在这些板上的。一般结构钢作这种用途显得太软了。下述模具就是用这种方法设计的。

包含浇道的镶块固定板 (a) 和 (b) 是由调质钢制造的。在精加工以前强度为 $1000 \sim 1100 \text{ N/mm}^2$ 。镶块固定板 (b) 装定模镶块 (c), 而定模镶块上除加工成线架外形外, 还要加工成潜伏式进料口和浇道。此镶块固定板在导柱 (e) 上的运动由四个限位螺钉限制在大约 10mm 左右的范围。

模具首先在板 (a) 和 (b) 之间开启, 塑件及其浇道留在动模上, 同时型芯 (o) 从塑件中抽出。

顶杆 (h) 一动作, 顶板 (i) 和 (k) 及片状顶杆 (l) 就立即动作, 从而使顶出芯杆 (m) 和浇道顶杆 (n) 动作, 镶块固定板 (b) 也在 10mm 顶出行程开始时运动, 直至碰到限位螺杆 (f) 后停止。

因此片状顶杆 (l) 最初必须只顶在内壁的外表面, 型芯 (r) 运动距离约 6 mm。此后, 塑件完全用壁上的脱模斜度脱模, 使片状顶杆用不大的力就能把塑件从两个型腔中顶出。

随着模具闭合, 顶出芯杆 (m) 借助型芯 (o) 的力使各顶杆复位。

在板 (p) 和 (q) 中各有四条水道对模具进行充分冷却。生产尼龙 (聚酰胺) 件时可先通热水, 使模具达到工作温度。

1.5 注塑模的温度控制

人们往往认为注塑模的冷却系统设计是次要的, 因此对尺寸大小和结构设计都不太注意。冷却系统设计不当, 会使小塑件产生残余应力, 使薄壁大塑件产生变形, 甚至破裂。同时, 冷却得不充分, 使循环时间延长, 降低了模塑的经济性。下面用一些简化形式探讨注塑模复杂的冷却过程, 导出一些有用的公式, 对根据公式确定冷却系统尺寸的顺序进行讨论。

毫无疑问, 确定冷却系统的尺寸不是一件简单的事, 有的问题一般连模具设计者也不太清楚。这项工作很复杂, 有的问题就连技术专著中也很难找到满意的答案。过去人们已经知道热传导方程, 现在可用计算机和袖珍编程计算机来解这些方程。但是, 根据各种实际情况解决问题通常很困难。例如型腔壁受到熔料周期性加热, 因此增大了模具与冷却水之间的温差, 冷却作用增大。当模具开启, 塑件顶出后, 周围的空气又会冷却型腔。因此型腔表面温度是周期性变化的 (见图 1.5/1)。因为注射熔料只和部分模具 (即型腔) 接触, 而模具冷却水道在整个高度和宽度上冷却模具, 因此问题就更难解决了。另外, 冷却水在通过模具时被加热, 所以模具和冷却水之间的温差是变化的。

1.5.1 注塑模冷却系统的计算

(1) 总散热量

总散热量 Q 由下列方程确定:

$$Q = n \times \Delta t \cdot G \quad (\text{kJ/h}) \quad (1)$$

式中 n ——每小时的注射次数; Δt ——塑料进入模具的焓 $t_{1\max}$ 与冷却结束时的焓 $t_{1\min}$ 之差, (kJ/kg); G ——包括浇道在内的注射重量 (kg)。

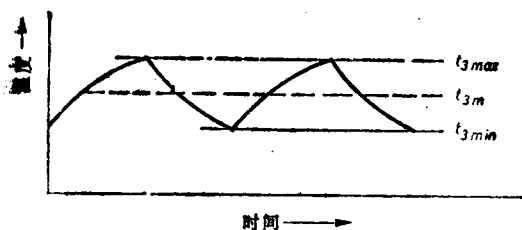


图1.5/1 型腔表面温度和时间的函数关系

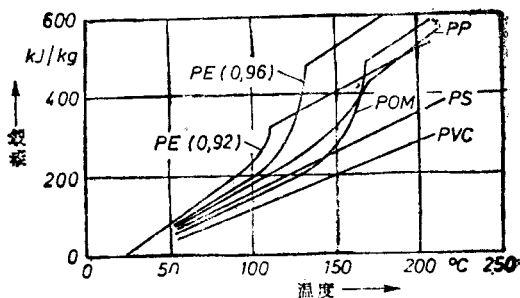


图1.5/2 各种塑料的焓和温度的函数关系

某些塑料的 Δt 值可以从图 1.5/2 中查到，此外可用下列近似式计算：

$$\Delta t = c_p(t_{1\max} - t_{1\min}) \quad (2)$$

式中比热 c_p 可以从手册或材料生产厂提供的数据中找到。

(2) 自然冷却散热量

热量以对流的方式从模具中散发。相比之下，辐射散热的数量级较小，可以忽略不计。

对流散热量 Q_1 由下列方程确定：

$$Q_1 = \alpha_1 F(t_{2m} - t_0) \quad (3)$$

式中 α_1 ——传热系数 ($\text{kJ}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)； F ——模具表面积 (m^2)； t_{2m} ——平均模具温度 ($^\circ\text{C}$)； t_0 ——周围空气温度 ($^\circ\text{C}$)。

Mihajev 用下列方程确定 α_1 ：

$$\alpha_1 = A_3 \cdot \Delta t^{1/3} \quad (4)$$

A_3 值根据实验以表格形式给出。通过回归计算，得到用于 $0^\circ\text{C} < t_{2m} < 300^\circ\text{C}$ 的下列方程：

$$A_3 = \left(0.25 + \frac{360}{t_{2m} + 300}\right) \times 4.1868 \quad (5)$$

$$\text{因此, } Q_1 = 4.1868 \left(0.25 + \frac{360}{t_{2m} + 300}\right) F(t_{2m} - t_0)^{4/3} \quad (3a)$$

这样计算出来的热量对垂直的平壁有效，因为它正好与 α_1 的应用情况相符合。对水平上端面，计算出来的热量偏高30%；水平下端面，计算出的热量偏低30%。因此，对注塑模不会产生误差。

如果在整个注塑循环时间中，开模和顶出塑件的时间所占比例太大 ($>30\%$)，则沿分模面的面积也必须加以考虑。

(3) 型腔壁的平均温度

注入型腔的熔料被温度较低的模壁冷却，与此同时模壁也被加热。在自然对流散发了热量 Q_1 后，为了把剩余的热量 ($Q_2 = Q - Q_1$) 从模具中散发掉，必须有一个温差，它可由下式确定：

$$Q_2 = \alpha_2 f(t_{1m} - t_{3m}) \tau \quad (\text{kJ/h}) \quad (6)$$

即

$$(t_{1m} - t_{3m}) = Q_2 / \alpha_2 f \tau \quad (7)$$