

# 热流道注射模具设计

刘保臣 李雪娜 申长雨

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

**摘要** 详细介绍热流道模具浇注系统结构设计和尺寸计算、热流道板加热功率计算、热流道板线膨胀量计算及在设计时应注意的一些问题, 并介绍了一种二级脱模机构。

**关键词** 注射模具 热流道 二级脱模机构

缩短成型周期、减少原材料消耗可有效降低大批量生产的塑料制品的成本。热流道模具在成型过程中只脱出制品而无流道凝料, 因此可以节约原材料, 缩短冷却时间, 提高生产效率; 同时, 热流道模具流道内的塑料一直处于熔融状态, 充填时能更好地传递注塑压力, 尤其是保压阶段, 可有效延长补料时间, 使保压压力对型腔作用充分, 从而可以提高制品质量。采用二级脱模机构既可以分散脱模阻力, 又可以实现自动脱模, 提高生产效率, 减轻工人的劳动强度。笔者以一塑料包装盒为例, 介绍热流道模具浇注系统的设计和一种二级脱模机构。

## 1 制品分析与模具结构设计

图 1 示出一食品包装盒, 材料为聚苯乙烯 (PS), 质量为 47 g。由于该包装盒生产批量较大, 如果采用普通流道多型腔模具注射成型, 势必产生大量的浇道废料, 因此采用热流道模具。由于制品较深, 脱模阻力较大, 如单独采用推杆顶出机构, 则容易顶穿制品; 如采用推件板顶出机构, 由于安装边脱模后仍留在推件板内, 难以实现自动脱模。为此, 采用推件板和推杆联合顶出二级脱模机构来实现制品的自动脱模。

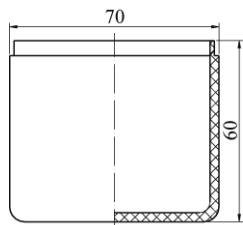
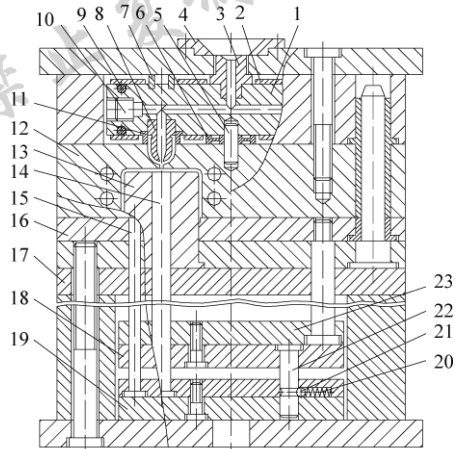


图 1 包装盒结构图

图 2 示出所设计的包装盒热流道模具结构。采用一模四腔平衡式热流道, 流道板采用电热管外加加热方式, 流道板表面安装铝盖板, 以减小流道板热辐射损失。开模时制品从型腔板 12 中脱出, 包紧在主型芯 13 上。当注塑机顶杆碰到二级推板 19 时, 一级推板 18 因拉杆 22 被滚珠 21 卡住而随二级推板

19 一起移动, 即推件板 16 和中心推杆 14 同时动作将制品从主型芯 13 上脱下, 完成一级脱模动作, 此时制品仍卡在推件板 16 上。当固定推板 23 碰到动模垫板 17 时, 一级推板停止运动, 推件板 16 不再移动, 二级推板 19 在注塑机顶杆作用下使滚珠 21 克服弹簧 20 的作用力从拉杆 22 凹槽内滑出继续向前移动, 带动中心推杆 14 将制品从推件板中顶出, 完成二级脱模动作, 实现制品的自动脱模。



- 1—热流道板; 2—铝盖板; 3—主浇道套; 4—定位环; 5—定位销;  
6—支撑垫; 7—支承环; 8—喷嘴; 9—电热管; 10—堵头;  
11—滑动压环; 12—型腔板; 13—主型芯; 14—中心推杆;  
15—回程杆; 16—推件板; 17—动模垫板; 18—一级推板;  
19—二级推板; 20—弹簧; 21—滚珠; 22—拉杆; 23—固定推板

图 2 包装盒热流道注射模具结构

## 2 热流道浇注系统设计

热流道模具与普通模具的主要区别在于浇注系统, 由于二者原理不同, 其模具结构和设计时应考虑的问题有所不同, 浇注系统的设计是热流道模具设计的关键。

### 2.1 热流道尺寸计算

塑料熔体的比容是熔体温度和压力的函数, 其值可用斯宾塞状态方程计算<sup>[1]</sup>, 即:

$$(P + \pi)(V - \omega) = R'T \quad (1)$$

变换(1)式可得:

$$V = \frac{R'T}{P + \pi} + \omega \quad (2)$$

式中:  $P$ ——熔体在流道中所受的外部压力, 取  $P = 105 \text{ MPa}$ ;

$\pi$ ——熔体的内压力, 查表得  $\pi = 190 \text{ MPa}$ ;

$V$ ——熔体在流道中的比容,  $\text{cm}^3/\text{g}$ ;

$\omega$ ——绝对温度为  $0 \text{ K}$  时的熔体比容, 查表得  $\omega = 0.822 \text{ cm}^3/\text{g}$ ;

$R'$ ——修正的气体常数, 查表得  $R' = 0.0816 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/(\text{g} \cdot \text{K})$ ;

$T$ ——熔体绝对温度, 取  $T = 453 \text{ K}$ 。

将以上参数代入(2)式, 计算得:

$$V = \frac{0.0816 \times 453}{105 + 190} + 0.822 = 0.947 (\text{cm}^3/\text{g})$$

取注射时间为  $1 \text{ s}$ , 单个制品的质量为  $47 \text{ g}$ , 则注射时熔体体积流量  $Q$  为:

$$Q = \frac{4WV}{t} = \frac{4 \times 47 \times 0.947}{1} = 178.04 (\text{cm}^3/\text{s})$$

主流道熔体体积流量  $Q_{\text{主}} = Q = 178.04 \text{ cm}^3/\text{s}$

一级分流道熔体体积流量  $Q_{\text{分1}} = Q/2 = 89.02 \text{ cm}^3/\text{s}$

二级分流道和浇口熔体体积流量  $Q_{\text{分2}} = Q_{\text{浇}} = Q/4 = 44.51 \text{ cm}^3/\text{s}$

主流道直径:  $D_{\text{主}} = 1.27 \times \sqrt[3]{Q_{\text{主}}} = 1.27 \times \sqrt[3]{178.04} = 7.14 (\text{mm})$

一级分流道直径:  $D_{\text{分1}} = 2.73 \times \sqrt[3]{Q_{\text{分1}}} = 2.73 \times \sqrt[3]{89.02} = 12.19 (\text{mm})$

二级分流道直径:  $D_{\text{分2}} = 2.73 \times \sqrt[3]{Q_{\text{分2}}} = 2.73 \times \sqrt[3]{44.51} = 9.67 (\text{mm})$

浇口直径:  $D_{\text{浇}} = 0.467 \times \sqrt[3]{Q_{\text{浇}}} = 0.467 \times \sqrt[3]{44.51} = 1.66 (\text{mm})$

## 2.2 热流道板加热形式选择

热流道板的加热形式分为内加热和外加热两种。虽然内加热方式具有热量损失小、不易漏料等优点, 但由于技术上存在一些问题, 当前常见的流道板都采用外加热方式<sup>[2]</sup>。外加热用加热器有电热棒和电热管, 由于管状电热管能弯曲成各种形状镶嵌在流道板的沟槽内, 因此应用广泛。本设计选用管状电热管对热流道板进行加热, 电热管布置如图3所示。

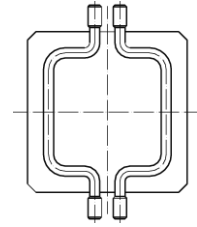


图3 电热管布置图

## 2.3 流道板加热功率计算

热流道板的加热功率计算包括开机时的热流道板升温最大加热功率计算和加热稳定后为补偿模具由于热传导、对流和辐射的热量损失所需维持的加热功率计算。

热流道板最大加热功率计算采用(3)式:

$$G = \frac{115 \Delta T \cdot W}{860 \tau \cdot \eta} + (0.003206 \Delta T - 0.3278) A + \sum \frac{b \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} \quad (3)$$

式中:  $G$ ——热流道板加热器的功率,  $\text{W}$ ;

$\Delta T$ ——热流道板升温温度, 取  $\Delta T = 220 - 20 = 200 (^\circ\text{C})$ ;

$W$ ——热流道板的总质量,  $W = 17 \text{ kg}$ ;

$\tau$ ——热流道板升温时间, 取  $\tau = 0.5 \text{ h}$ ;

$\eta$ ——热流道板的加热效率系数, 取  $\eta = 0.42$ ;

$A$ ——热流道板的总面积,  $A = 1178 \text{ cm}^2$ ;

$\Delta t$ ——热流道板与定模边模板温差, 取  $\Delta t = 220 - 40 = 180 (^\circ\text{C})$ ;

$\lambda$ ——热流道板与定模边模板间导热零件材料的热导率, 本设计选用德国 DIN1.2343 中的碳合金钢, 查表得  $\lambda = 26 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

$b$ ——导热零件与热流道板间的传热面积,  $\text{m}^2$ ;

$\delta$ ——热流道板与模板间导热零件高度,  $\text{m}$ 。

本设计中热流道板与定模边模板间的导热零件共有 8 件, 其中: 支承垫 6 一件,  $b = 1.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $\delta = 0.008 \text{ m}$ ; 支承环 7 两件,  $b = 1.37 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $\delta = 0.008 \text{ m}$ ; 主浇道套 3 一件,  $b = 0.87 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $\delta = 0.008 \text{ m}$ ; 滑动压环 11 四件,  $b = 2.46 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $\delta = 0.01 \text{ m}$ 。

计算得到热流道板与模板间的热传导损失为:

$$\sum \frac{b \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = 775 (\text{W})$$

将以上数据代入(3)式, 计算得到初始升温时热流道板的最大加热功率为:  $G = 3309 \text{ W}$ 。其中, 工作正

常后为弥补热流道板的传导、对流和辐射等热量损失所需的维持功率为:

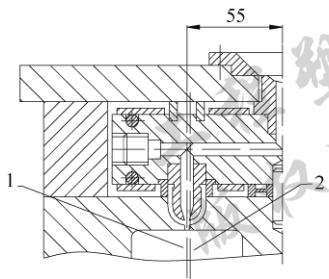
$$(0.003206 \Delta T - 0.3278) A + \sum \frac{b \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = 1144(\text{ W })$$

2.4 热流道板实际加热功率的校核

本设计采用金属电热管加热,共 4 根。每根电热管的总长度为 320 mm,有效加热长度为 220 mm,管径为 10 mm,最高功率密度为 13 W/cm<sup>2</sup>。加热管的总功率为:  $G_{\text{总}} = 4 \times 3.14 \times 1.0 \times 22 \times 13 = 3592$  (W),大于所需最大功率 3309 W,符合设计要求。

2.5 热流道板的热膨胀补偿

与普通流道模具相比,生产过程中热流道板与型腔板之间存在较大温差,使得在常温下装配位置正确的热流道喷嘴和型腔浇口会由于热膨胀而产生偏心,如图 4 所示,影响熔体的正常充填,因此在装配时应事先进行热膨胀补偿计算。热流道板线性热膨胀量用(4)式计算:



1—正常工作时喷嘴中心线位置; 2—室温下装配时喷嘴中心线位置  
图 4 热膨胀产生的偏心距

$$\Delta L = \alpha \Delta T \cdot L \tag{4}$$

式中:  $\alpha$ ——钢的线胀系数,查表得,  $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;

$\Delta T$ ——热流道板与模具的温差,取  $\Delta T = 220 - 40 = 180(^\circ\text{C})$ ;

$L$ ——主浇道套中心线与热流道喷嘴中心线的垂直距离,本设计中  $L = 55 \text{ mm}$ 。

将以上数据代入(4)式计算得:  $\Delta L = 0.12 \text{ mm}$

因此,在设计热流道板时,热流道板上喷嘴安装位置的 中心线距离要比型腔板 12 上相对型腔浇口的中心线距离短 0.24 mm。这样,在成型生产中,热流道板的热膨胀通过滑动压环 11 使热流道板 1 与型腔板 12 产生相对滑移,从而保证生产过程中喷嘴与浇口的相对位置准确。

3 结语

对于大批量生产的塑料制品,采用热流道模具可以减少浇道废料,缩短成型周期,提高制品质量,从而可以降低成本,提高效益。同时,热流道技术也增加了模具制造的难度和复杂性,但在大批量生产条件下,采用热流道模具的优越性还是显而易见的。采用二级脱模机构,可以分散脱模阻力,实现制品的全自动脱模。

参考文献

[1] 塑料模具技术手册编委会. 塑料模具技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社,1999.  
[2] 王建华,徐佩弦. 注塑模的热流道技术[M]. 北京: 机械工业出版社,2006.

DESIGN OF INJECTION MOLD WITH HOT RUNNER

Liu Baochen, Li Xuena, Shen Changyu

(National Engineering Research Center for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

**ABSTRACT** The structure design and the calculation of the sizes, heating power, linear swell value of hot runner system were discussed in detail. A two-step demoulding mechanism was also introduced.

**KEYWORDS** injection mould, hot runner, two-step demoulding mechanism

美国塑料护栏市场将年增 10.3%

据美国 Freedonia 咨询公司发布的最新报告,今后 5 年美国塑料及塑料复合材料护栏预计将年均增长 10.3%。

在美国护栏市场上,塑料和塑料复合材料业务一直在增长,其市场份额从 2000 年的 4.5% 增至 2005 年的 7.8%,到 2010 年预计将增至 11.4%。从 2000 年到 2005 年,美国塑料及塑料复合材料护栏消费量几乎翻倍,从 1067 万 m 增至 2073 万 m,预计到 2010 年将增至 3383 万 m。目前聚氯乙烯护栏份额最大,但 Freedonia 预测木塑复合材料护栏份额将

出现较快增速。

(中油网)

一种以微生物为原料的高性能新型塑料

据报道,日本东京大学农学生命科学系最近成功研发出一种以微生物为原料的高性能新型塑料。通过利用土壤中的一种放线菌微生物作为主要原料,该系的研发小组成功制成化合物 3-氨基-4-羟基苯甲酸(3, 4-AHBA),然后将这种化合物与两种新型酶进行合成反应,成功聚合出一种新型塑料。该新型塑料具有良好的耐热性,应用范围广泛,可实现大批量生产。  
(塑料橡胶)