

文章编号: 1005—0523(2004)02—0116—04

注塑模八腔浇注系统平衡研究

刘锦平

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:在充分考虑了非平衡浇注系统的沿程损失与局部损失的情况下,从能量角度确定了非平衡浇注系统第二级分流道和浇口半径之间的关系.

关 键 词:非平衡浇注系统;沿程损失;局部损失;第二级分流道;浇口凝固

中图分类号:TQ320.6 **文献标识码:**A

0 引 言

塑料制品制造工业是机械制造行业之一,塑料作为高分子化学和材料科学发展的重要成果,已成为人类不可缺少的重要生产资料.塑料制品制件在工业生产和日常生活中得到了愈来愈广泛的应用,塑料产品一般采用模塑成型方法生产,因而塑料模具常常作为一种重要的工艺装备.模具浇注系统在注塑成型过程中起着极其重要的作用,在实际生产中,为提高生产效率和节约模具制造经费,中、小型制品常采用一模多腔的方案,但是浇口可能会出现凝固现象而导致不能后续过程的顺利进料.如图 1 和图 2 所示,浇口①处发生了凝固效应^[1],塑料熔体先到达浇口①而浇口②的型腔反而被充满.因此为保证各型腔制品的重量、性能等均匀一致,必须对浇注系统进行平衡分析与设计,使各型腔能在相同的时间内同时充满.

1 一模八腔浇注系统分类

当采用一模八腔的模具成型时,通常按浇注系统中流道布置的形式将浇注系统分为两类:自然平衡式浇注系统和非自然平衡式浇注系统:

1) 自然平衡式浇注系统的特点:从分流道到浇口及型腔,其形状、长度尺寸、圆角、模壁的冷却条件等都完全相同,因此熔体能以相同的成型压力和温度同时充满所有的型腔,从而可以获得尺寸相同、物理性能良好的制品.

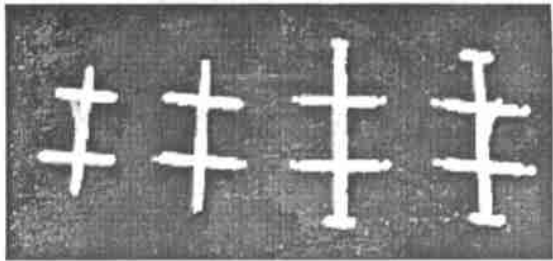


图 1 浇口凝固前四过程

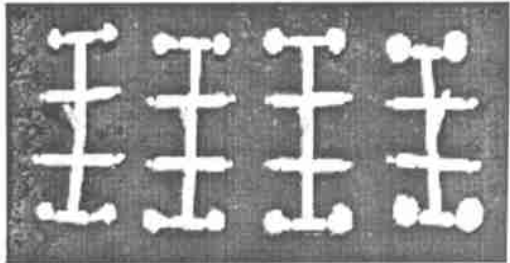


图 2 浇口凝固后四过程

2) 非自然平衡式浇注系统的特点:分流道、浇口的形状及尺寸各不相同,型腔的尺寸和诸型腔到主流道的距离也可能各不相同,在这种系统里,如果各个型腔不能同时被充满,就很难得到尺寸精确

和性能良好的制品。

2 浇注系统平衡计算的传统方法

目前,在实际生产中,对于非平衡浇注系统实行人工平衡时常采用一种近似计算方法,这种方法被称为平衡系数法。该法基于各个型腔的平衡系数相等或成比例,来确定各个浇口的尺寸。其具体步骤是:已知第一级分流道直径不变、第二级分流道直径和长度相等以及浇口长度相等,仅通过改变各浇口的截面尺寸促使各个型腔能同时被塑料熔体充满。

平衡计算的经验公式为^[2]: $K = S/\sqrt{a}$ (1)

式(1)中: K —浇口平衡系数; S —浇口面积; L —浇口长度; a —主流道到型腔浇口的距离

该方法在实际应用中主要存在如下问题:①由上式可知,若各个型腔的形状和大小相同,离主流道越远,浇口的截面积就越大。如果浇口的截面积过大,容易造成成品与浇口的接口留有疤痕;②未考虑塑料熔体在浇口处的凝固效应;③未考虑塑料熔体的流变特性。

3 八腔非平衡浇注系统的设计

3.1 基本假设

影响流道设计的因素很多而且十分复杂,从简化计算的角度出发提出下列假设条件:①第一级分流道的直径相等;②忽略塑料熔体的弹性,认为它是符合幂律模型的粘性流体;③塑料熔体在流道中的流动是在等温条件下进行的;④由于浇口的体积很小,故熔体充满浇口的时间可忽略不计。

3.2 确定流体流动模型

注射型腔内塑料流动模型^[3]分析可分为一维、二维和三维分析。一维分析是二维分析的基础;二维分析是将任意形状的三维塑件模型展平成二维模型并分解成许多一维流动的基本单元进行一维分析;三维分析是在三维模型及其有限元网格的基础上进行的。二维分析主要用于确定塑料材料和注塑成型工艺参数的可行范围等以及成形过程技术上的可行性,而三维分析用于完整的成形过程(充模和保压)的图形仿真和数据分析。

由流体力学知识可知,流体在管道中有两种流动形式:层流和紊流。当雷诺数^[4]小于300时流体保持层流方式,否则为紊流。塑料熔体在注射温度时

其雷诺数一般小于10,故塑料熔体是以层流的方式进行的,根据这个特点可选择一维模型进行分析。

在注射模的设计过程中,一维模型可用作为:①求出最佳的工艺参数;②型腔中的流道平衡;③流道中的流动平衡;④确定流道系统的尺寸等。本课题选择一维流动模型进行分析计算。

3.3 公式推导

已知条件:①各分流道长度②第一级分流道的半径③流体进入浇注系统时的体积流量④塑料的各性能参数。

待求值:第二级分流道半径和浇口半径由于非平衡浇注系统的局部对称,所以选择一模

八腔的一侧如图3进行计算:

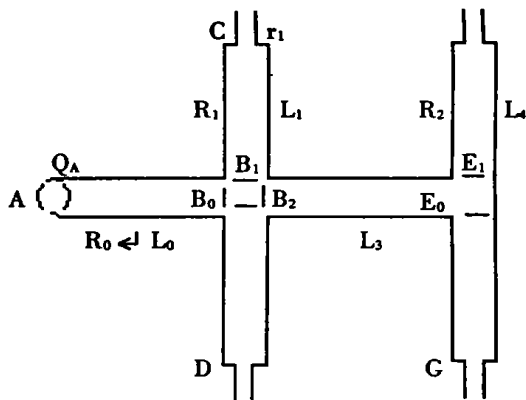


图3 一模八腔一侧

3.3.1 AB₀段某点体积流量模型

在AB₀段,熔体的损失只有内剪应力导致的流程损失,其损失值计算如下:

如图4所示,运用一维流体模型先分析流体流至某一位置即点S处的情况:

假设: l 为流过的路径长度, Q_s 为瞬时体积流量, ΔM 为 Δt 时间内所做的功, τ 为剪应力, v 为速率, γ 为剪切速率, K 为流体稠度, n 为非牛顿指数,由于剪应力所做的功即为流程损失,而且剪应力所做的功为:

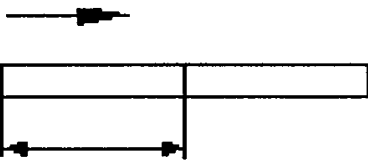


图4 某一位置S处

$$\Delta M = \int_0^l \tau dl \quad (2)$$

假塑性流体是非牛顿型流体中最普遍、最常见的一种。几乎绝大多数聚合物熔体与溶液,其流动行为都接近于假塑性流体,在描述假塑性流体的经验方程中,指数方程能较好的反映粘性流体的流变

性质.该公式认为,定温下在某段剪切速率的范围内,粘性流体所受的切应力与剪切速率具有指数函数的关系.

即有:非牛顿流体流变方程: $\tau = k\gamma^2$ (3)

浇注系统的流变学方程^[4]:

$$\gamma = \left(\frac{3n+1}{n}\right) \frac{Q}{\pi R_0^3} \quad (4)$$

能量守恒可知: $M = \frac{1}{2} m v_s^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$ (5)

由式(2)、(3)、(4)、(5)可以解得:

$$Q_s = [Q_A^{2-n} - (2-n)z_0 R_0^{4-3n} L_1]^{\frac{1}{2-n}} \quad (6)$$

(其中: $z_0 = \pi^2 k \left(\frac{3n+1}{n\pi}\right)^n$)

由式(6)可以确定 B_0 处的体积流量 Q_{B0} 和相应的速率 v_{B0}

3.3.2 转弯 B 处的局部损失 h_f 以及 Q_{B1} 、 Q_{B2}

$$h_f = 2.6 \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

熔体在 B_0 流经 B_1 和 B_2 时有如下关系:

$$Q_{B0} = 2Q_{B1} + Q_{B2} \quad (8)$$

$$3 \times \frac{1}{2} v_{B0}^2 = 2 \times \frac{1}{2} v_{B1}^2 + \frac{1}{2} v_{B1}^2 + \frac{1}{2} v_{B2}^2 + 2 \times h_f \quad (9)$$

v 和 Q 的关系如下所示: $v = \frac{Q}{\pi R^2}$ (10)

由式(7)、(8)、(9)、(10)可以解得:

$$Q_{B1} = H_0 Q_{B0}$$

(其中: $H_0 = \frac{1.3 - gR_0}{1 + \sqrt{2 - \frac{1.3}{g} \left(\frac{R_0^4}{R_1^4}\right) + 2}}$) (11)

$$Q_{B2} = [1 - 2H_0] Q_{B0} \quad (12)$$

由式(11)、(12)可以确定 B_1 和 B_2 处的速率 v_{B1} 和 v_{B2} .

由于熔体在 B_2E_0 段与 AB_0 段流动情况相似,故同样由式(6)、(10)、(12)可得当熔体流至 E_0 点时的速度为:

$$v_{E_0} = [v_{B_2}^{2-n} - (2-n)Z_0 R_0^{4-3n} L_3]^{\frac{1}{2-n}} \quad (13)$$

3.3.3 流动过程模拟以及第二级分流道半径确定

为使熔体同时流至 C 和 F 两浇口处,必须使这两段的时间相等,其流动过程可模拟为如图 5 和图 6 的两个过程:

1) 熔体流经 B_2E_0 段所需的时间 t_0

牛顿第二定律可知, $\pi R_0^2 \tau = \frac{dw}{dt}$ (14)

由式(3)、(4)、(10)、(14)可以解得:

$$t_0 = \frac{1}{m_0 R_0^{2-n} (1-n)} (v_{E_0}^{1-n} - v_{B_2}^{1-n}) \quad (15)$$

(其中: $m_0 = \frac{3n+1}{n} \pi K$)

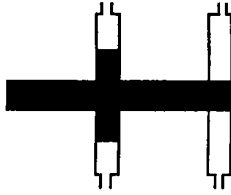


图 5 第一过程

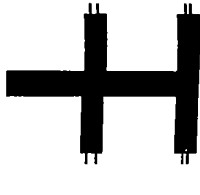


图 6 第二过程

2) 熔体流经 E_1F 段所需的时间 t_1

首先必须计算出在 E_1 和 F 两点的速度:

由流道的结构可知: $v_{E_1} = \frac{1}{2} v_{E_0}$ (16)

F 点的速度计算类似于 B_2E_0 段的 E_0 点速度计算,由式(13)可得:

$$v_F = [v_{E_1}^{2-n} - (2-n)Z_0 R_2^{4-3n} L_4]^{\frac{1}{2-n}} \quad (17)$$

该段时间与 B_2E_0 段时间计算相似,由式(15)可得:

$$t_1 = \frac{1}{m_0 R_2^{2-n} (1-n)} (v_{E_1}^{1-n} - v_F^{1-n}) \quad (18)$$

3) 熔体流经 B_1C 所需的时间 t_2

同理由式(13)可得熔体在 C 点的流动速度为:

$$v_C = [v_{B_1}^{2-n} - (2-n)Z_0 R_1^{4-3n} L_1]^{\frac{1}{2-n}} \quad (19)$$

同理由式(15)可得熔体流经 B_1C 所需的时间:

$$t_2 = \frac{1}{m_0 R_1^{2-n} (1-n)} (v_{B_1}^{1-n} - v_C^{1-n}) \quad (20)$$

熔体流经 B_1C 段和 B_2EF 段的时间相等,可得等式:

$$t_2 = t_0 + t_1 \quad (21)$$

由式(15)、(18)、(20)、(21)确定两第二级分流道半径的关系如下:

$$\frac{v_{B_1}^{1-n} - v_C^{1-n}}{R_1^{2-n}} = \frac{v_{E_0}^{1-n} - v_{B_2}^{1-n}}{R_0^{2-n}} + \frac{v_{E_1}^{1-n} - v_F^{1-n}}{R_2^{2-n}} \quad (22)$$

因此,综合上述各式,采用递推法并利用计算机程序便可以确定二级分流道半径.

4 一模八腔浇口尺寸计算

在保证熔体同时到达各浇口的情况下,根据式(22)可确定二级分流道的半径.因为熔体在两浇口处的流速不同,而且又要使塑料熔体在相同的时间内充满各个型腔(这里假设具有相同外形和尺寸的型腔),因此,要采用不同的浇口尺寸.其推导过程

如下:

假设在浇口上 C 和 F 点对应的点为 C_1 和 F_1 . 因为在注塑成型过程中,塑料流体的为层流, r_1 和 r_2 分别为二级分支 1 和 2 的浇口半径,和为浇口体积流量.

因此在浇口 C_1 处有: $Q_{C1}=\frac{r_1}{R_1} Q_c$ (23)

同理可得 F_1 处有: $Q_{F1}=\frac{r_2}{R_2} Q_F$ (24)

要保证塑料熔体在相同的时间内充满各个型腔,由式(23)和(24)可得:

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{Q_F}{Q_C} \times \frac{R_1}{R_2}$$
 (25)

由式(10)、(17)和(19)可得知 Q_C 和 Q_F . 故两浇口的半径关系也就很容易确定.

5 实 验

针对上述的理论推导,进行了相应的模具浇注系统设计. 本实验选择 SZ-30/25 注射成型机,以热塑性塑料丙希晴-丁二烯-苯乙烯(*ABS*)为注塑原料,前、中和后筒温度分别加热至 190℃、175℃和 165℃. 分别以不同的时间段(设为 t_1 、 t_2 、 $\cdots t_n$, 下标 n 为自然数, $t_1 < t_2 < \cdots < t_n$)为基准,进行注塑操作而得到一系列不同阶段的塑料产品. 该实验采取了十个时间段,前四个时间段如图 7 所. t_1 时间段表示的是塑料熔体的某一初始注射段, t_2 时间段表明了塑料熔体同时到达八个浇口, t_3 和 t_4 时间段初步表明了塑料熔体能够同步进料,不存在凝固现象. 第二、第三注射过程如图 8 图 9 所示都各采取了三

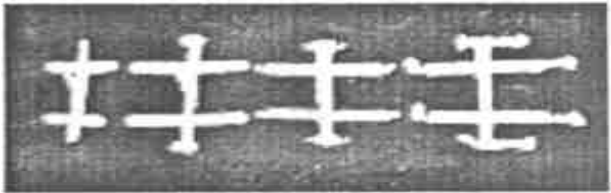


图 7 注射过程(一)

个时间段,由图可得知塑料产品是由小到大的过程,各个时间段得到八个相同的产品,没有出现浇口凝固现象.



图 8 注射过程(二)

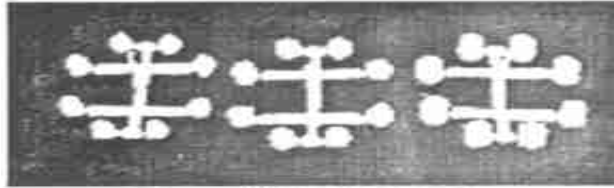


图 9 注射过程(三)

6 结 论

通过简化非平衡浇注系统体系流动模式并作相应的假设,推导出计算分流道及浇口半径的公式,使其具有以下特点:

- 1) 塑料熔体同时到达八个型腔浇口处,从而消除了浇口的凝固;
- 2) 使非平衡浇注系统第二级分流道和浇口尺寸计算更简捷;
- 3) 避免多次试模修模.

参考文献:

[1] Kwai-sang Chin, wong T N. knowledge-based Evaluation for the Conceptual Design Development of Injection Molding Parts[J]. Engineering Applic. Artif. Tntell. 1996, 9(4): 359—375.

[2] 李德群. 塑料成型工艺及模具设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.

[3] 董立武, 李德群. 注塑模 CAD 计算功能的实用化研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 1999.

[4] 张景松, 候友夫. 流体力学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1993.

The Balance Study of the Eight Cavities Injection Mold

LIU Jin-ping

(School of Mechanical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: After evaluating the route loss and the local loss of the imbalance injection system, the article confirms the relation of the second grade branch radius from the scope of energy.

Key words: Imbalance Injection system; Route loss; Second grade radius