

注射成型机四孔斜排双曲肘合模机构的运动和力学特性分析

冯良为, 岑运福

(华南理工大学, 广东 广州 510641)

摘要: 利用机构学的方法对注射成型机四孔斜排肘杆式合模机构进行了运动和力学特性分析。推导出模板行程、油缸行程、速度变化系数、锁模力和增力倍数等参数的计算公式, 并介绍了初始角和临界角的计算方法, 为注射成型机合模机构的设计提供了理论依据。

关键词: 注射成型机; 合模机构

中图分类号: T Q330.4⁺6 文献标识码: A 文章编号: 1000-890X(2001)11-0674-03

四孔斜排肘杆式合模机构广泛应用于低熔点合金压铸机。目前广泛应用的五孔斜排肘杆式合模机构是从四孔斜排肘杆式演变出来的, 虽然运动副的约束条件并未改变, 但其运动特性和力学特性发生了变化^[1]。然而, 对于四孔斜排肘杆式合模机构至今未见有关运动和力学特性方面的分析和理论计算公式报道。本研究推导出了其运动和力学特性计算公式, 旨在为设计者提供设计依据。

四孔斜排肘杆式合模机构按合模过程中连杆的运动形式可分为内卷式和外翻式, 内卷式有水平内卷和上下内卷2种, 外翻式多为上下外翻。不论是内卷结构还是外翻结构, 其受力分析是一致的。

本研究以内卷式结构为对象进行运动和力学特性分析。内卷式结构锁紧后连杆 L_1 和 L_2 撑成一直线, 推力杆 L_3 与水平线的夹角 $\varphi_0 < 90^\circ$, 见图1。

1 运动特性分析

1.1 模板行程 S_m

根据结构分析, 动模板的移动行程可以用

作者简介: 冯良为(1944)男, 广东广州人, 华南理工大学副教授, 硕士, 主要从事高分子材料加工机械方面的教学和科研工作。

铰支点 B 的移动量来表征。根据图1所示, 有如下关系式:

$$S_m = l_{AB0} \cos \gamma_0 - l_{AB1} \cos \gamma_1$$

式中 $l_{AB0} = l_1 \cos \alpha_0 + l_2 \cos \beta_0 = \Delta H / \sin \gamma_0$

对于 $\alpha_0 = 0^\circ$, $\beta_0 = 0^\circ$ 的结构形式, 则

$$l_{AB0} = l_1 + l_2 = \Delta H / \sin \gamma_0$$

$$l_{AB1} = l_1 \cos \alpha_1 + l_2 \cos \beta_1 = \Delta H / \sin \gamma_1$$

因此得

$$S_m = \Delta H (\tan \gamma_0 - \tan \gamma_1) \quad (1)$$

$$\gamma_1 = \tan^{-1} (\tan \gamma_0 - S_m / \Delta H) \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1} \frac{l_{AB1}^2 - l_2^2 (1 - \lambda^2)}{2 \lambda l_{AB1} l_2} \quad (3)$$

$$\lambda = l_1 / l_2 \quad (4)$$

由上述公式可见, 确定了斜排角 γ_0 和铰 A 和 B 的垂直(或水平)距离 ΔH 及肘长比 λ 值后, 可方便地求得满足模板行程 S_m 的初始角 γ_1 和 α_1 以及连杆 L_1 和 L_2 的长度, 也可以按 γ_0 , ΔH 和 λ 为某一范围值并根据力和速度等要求进行优化设计。

1.2 合模油缸活塞杆行程 S_g 和行程比 K_s

合模油缸活塞杆行程以十字头上铰支点 D 的移动量表征:

$$S_g = l_3 \cos \varphi_1 + l_1 \cos [180^\circ - (\gamma_1 + \alpha_1)] +$$

$$l_1 \cos \gamma_0 - l_3 \cos \varphi_0$$

整理得

$$v_m = \frac{dS_m}{dt}$$

根据虚位移原理^[3], $P_0 dS_g - P_m dS_m = 0$, 则连杆机构的增力倍数——锁模力与油缸推力的比值 M 计算如下:

$$M = P_m / P_0 = dS_g / dS_m = v_g / v_m = \frac{\sin(\gamma + \alpha + \varphi) \cos(\beta - \gamma)}{\sin(\alpha + \beta) \cos \varphi} = \frac{1}{K_v} \quad (12)$$

由式(12)可见, 连杆机构的增力倍数 M 与速度增益 K_v 互为倒数关系。这表明连杆机构的增力和增速是相互矛盾的。因此, 设计中在增力倍数 M 取值时应综合考虑机台使用性能的可靠性和实际经济效益。

2.2 连杆机构的自锁和正常运动的条件

从式(12)可知, 连杆机构的自锁条件^[3]是

$$\gamma + \alpha + \varphi = 180^\circ \quad (13)$$

连杆机构正常运动的条件是

$$\gamma_1 + \alpha_1 + \varphi_1 < 180^\circ \quad (14)$$

2.3 合模机构在锁模时的弹性变形和变形力

四孔斜排肘杆式合模机构在锁模时的弹性变形和变形力的分析和计算与五孔斜排肘杆式合模机构是相同的, 系统总变形量^[3]为

$$\Delta S = l_1 (\cos \alpha \cos \gamma - \cos \alpha_L \cos \gamma_L) + l_2 (\cos \beta \cos \gamma - \cos \beta_L \cos \gamma_L) \quad (15)$$

变形力为

$$P = C [l_1 (\cos \alpha \cos \gamma - \cos \alpha_L \cos \gamma_L) + l_2 (\cos \beta \cos \gamma - \cos \beta_L \cos \gamma_L)] \quad (16)$$

式中 C ——合模机构总劲度。

α , β 和 γ 由临界角 α_L , β_L 和 γ_L 锁至 $\alpha = 0^\circ$, $\beta = 0^\circ$, $\gamma = \gamma_0$ 时, 合模机构产生最大变形力:

$$P_{\max} = \Delta H C (\tan \gamma_0 - \tan \gamma_L) \quad (17)$$

2.4 调模临界角

对于给定机台, 合模机构的总劲度 C 一定。此时可由式(17)求得调模临界角 α_L 和 γ_L 。

$$\gamma_L = \tan^{-1} (\tan \gamma_0 - CP_{\max} / \Delta H) \quad (18)$$

$$\alpha_L = \cos^{-1} \frac{l_{ABL} - l_2^2 (1 - \lambda^2)}{2 \lambda l_2 l_{ABL}} \quad (19)$$

式中

$$l_{ABL} = l_1 \cos \alpha_L + l_2 \cos \beta_L = \Delta H / \sin \gamma_L \quad (20)$$

3 结语

四孔斜排肘杆式合模机构在国外的注射成型机中已得到应用, 而在国内则少见。本研究利用机构学的方法对四孔斜排肘杆式合模机构进行运动和力学特性分析, 系统地推导出与其相关的设计计算公式, 为这种机械的合模机构的设计提供了比较合理和简明的计算方法, 有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 王兴天. 注塑成型技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989. 12.
- [2] 西北工业大学. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 83-93.
- [3] 冯良为. 注射成型机五孔斜排双肘合模机构的运动和力学特性分析[J]. 橡胶工业, 1999, 46(9): 546.

收稿日期: 2001-05-30

Analysis of motional and mechanical characteristics for diagonal four-point double-toggle clamp of injection molding machine

FENG Liang-wei, CEN Yun-fu

(South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: An analysis of motional and mechanical characteristics for the diagonal four-point double-toggle clamp is made by the method of mechanics. The formulas for calculating the mold board stroke, the oil cylinder stroke, the speed variation coefficient, the clamping force and force amplification are derived and the direct calculating method for primary angles and critical angles is described. The theoretic basis of the clamp unit design is proposed.

Keywords: injection molding machine; clamp unit; double-toggle; diagonal four-point