

全电子注塑机的合模控制及锁模力的研究^{*}

康存锋 刘 鑫 马春敏 黄旭东

(北京工业大学机械工程与应用电子技术学院,北京 100124)

摘要 根据连杆机构的运动学原理,推导出全电子注塑机动模板位移与电机位移及动模板速度与电机速度的关系公式,并采用 Matlab 软件拟合出位移和速度关系曲线,通过这些曲线可以有效地监控全电子注塑机动模板的位置和速度变化,为用户设置模具保护功能提供理论依据。采用粘贴式电阻应变片法对锁模力进行测试,得出了动模板初始位移与锁模力大小的关系公式,保证了注塑过程中锁模力的稳定性。

关键词 全电子注塑机 合模控制 锁模力

近年来,塑料制品的广泛应用为注塑机行业的发展提供了不竭动力,而塑料行业的巨大发展潜力为塑料机械行业的迅猛成长开拓了广阔的空间^[1]。注塑机分为肘杆式(机械式)、全液压式、全电子式、电子/液压复合式4类。这4类各有各的优缺点,各有各的市场。在我国,肘杆式液压注塑机在市场中占主导地位,而全电子注塑机的研发尚处于起步阶段。相比于肘杆式液压注塑机,全电子注塑机的优势为:位移和力矩控制相结合,能够准确控制动模板的位移;由于有力矩控制,提高了模保护功能;补充了位移反馈,提高了模高调节的准确性;能够很好地控制锁模力,保证了锁模力的稳定性。在全电子注塑机中,动模板位移和速度及锁模力大小的准确控制是合模过程中的关键技术,它们直接影响生产效率和产品的质量。因此动模板的位置、速度及锁模力的大小能否准确控制是合模过程能否稳定的关键因素,对此进行研究是十分必要的。

1 合模机构

全电子注塑机的合模机构是实现模具启闭动作的部件,通常采用肘杆式结构。此结构具有较大的行程比系数(即行程放大倍数)和较小的力的放大倍数。在模具即将合紧时,连杆机构力的放大倍数急剧增大,而行程比系数减小,此时使用一较小的合模推力也能达到较大的合模力和移模行程^[2~4],如图1所示。

合模过程分为两段:(1)往复移动过程,主要指模具的打开与闭合,为提高注塑机效率,此过程要求模具移动速度相对较快,而压力较低,故采用位移控制模式;(2)锁模过程,相对于其它过程,该过程时间较短,所需压力却较大,故采用力矩控制模式,以防止制品溢出。

当模具接近闭合时,过快的合模速度可能导致

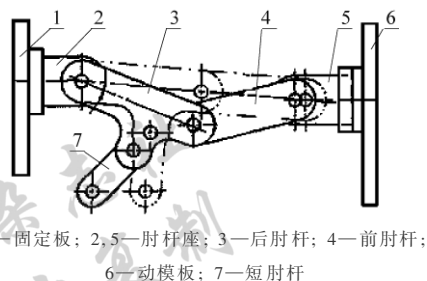


图1 双肘杆机构的机械结构

模具损坏。因此在实际应用中往复移动过程由两个动作组成:快速合(开)模——提高速度,慢速合(开)模——保护模具。由此可以看出,在合模过程中动模板位移和锁模力大小的准确控制是至关重要的,其直接影响注塑制品的质量。开合模过程的速度和力矩变化如图2所示。

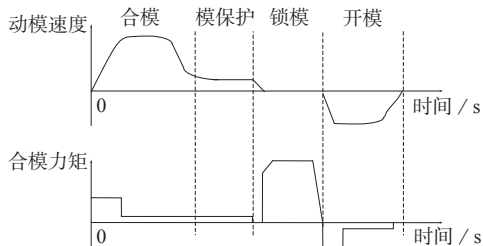


图2 开合模过程的速度和力矩变化

注塑机合模机构的开合模状态如图1中实线和虚线所示,合模主要过程可描述为:开始时伺服电机处于位移模式,其通过丝杠推动双肘杆机构的十字头驱动肘杆机构摆动,使动模板沿哥林柱轴向移动,当机构运动到模具的动模接触到定模位置时,电机转为力矩模式,控制机构继续运动,迫使合模装置构件发生弹性变形,从而在模具间产生锁模力。运动终止时,双肘杆的两个肘杆近似成一条直线,处于自

^{*} 北京科委支撑项目(2006BAF031301)

锁状态。此时电机只需要施加较小的力矩就能产生足够的锁模力, 保证模具不被注射时产生的胀力顶开, 从而实现锁模。

2 开合模的位移和速度控制

由于采用肘杆式的机械锁模, 为保证合模位置的准确性, 在开合模过程中首先要解决的关键问题是动模板的位移和速度与电机的位移和速度的关系。为便于设计计算, 将图 1 化简为图 3 所示的双肘杆机构的机械简图。

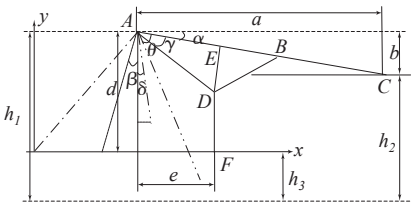


图 3 双肘杆机构的机械简图

根据连杆机构的运动学原理, 可以得出动模板位移与电机位移的关系公式。令 $BC = l_1$ 、 $AB = l_2$ 、 $BE = l_3$ 、 $ED = l_4$ 、 $DF = l_5$, 根据图 3 可得 h_1 、 h_2 、 h_3 、 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 和 l_5 , 图中 α 、 β 、 δ 、 θ 、 γ 表示前后肘杆与水平线之间的夹角。

经计算得出合模时电机位移和动模板位移的对应数据, 见表 1。

表 1 动模板位移与电机位移的对应数据 mm								
动模板位移	1	10	20	30	40	50	60	70
电机位移	39.1	72.2	87.6	98.5	107.3	115	121.9	128.3
动模板位移	90	100	110	120	130	140	150	160
电机位移	140	145.5	150.9	156.1	161.2	166.3	171.3	176.3
动模板位移	180	190	200	210	220	230	240	250
电机位移	186.3	191.3	196.4	201.5	206.7	211.9	217.3	222.6

利用 Matlab 软件对表 1 采用多项式曲线拟合, 得出:

$$B = -1.2540 \times 10^{-7} A^4 + 7.9359 \times 10^{-5} A^3 - 1.7540 \times 10^{-2} A^2 + 2.0894 A + 46.3988 \quad (1)$$

式中: B ——电机位移, mm;

A ——动模板位移, mm。

对式(1)求导, 得出电机速度与动模板速度的关系式:

$$V_B = (-5.0162 \times 10^{-7} A^3 + 23.8077 \times 10^{-5} A^2 - 3.5081 \times 10^{-2} A + 2.0894) V_A \quad (2)$$

式中: V_B ——电机速度, mm/s;

V_A ——动模板速度, mm/s。

图 4 所示为从开模到锁模整个合模周期内电机

驱动器端位移和动模板位移的拟合曲线, 其中虚线为计算曲线, 实线为拟合曲线。

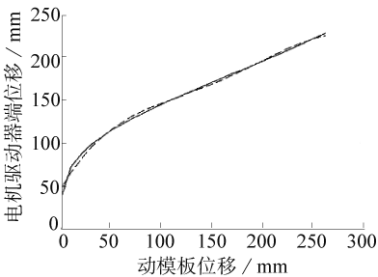
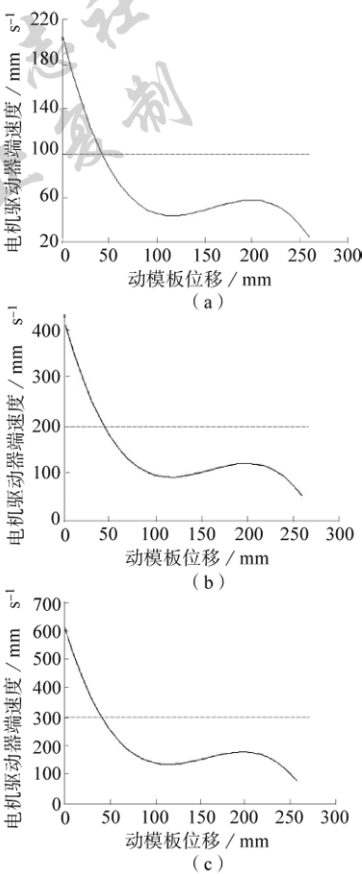


图 4 电机驱动器端位移和动模板位移的拟合曲线

图 5 为在不同的动模板速度下, 电机驱动器端速度与动模板位移的关系曲线。通过曲线和电机的速度反馈可以有效地检测锁模时动模板的位置变化, 使用户能够根据曲线设计模具保护功能。



a—动模板速度为 100 mm/s;
b—动模板速度为 200 mm/s;
c—动模板速度为 300 mm/s

图 5 不同的动模板速度下, 电机驱动器端速度与动模板位移的关系曲线

3 锁模力的检测与设置

锁模力的大小直接影响注塑制品的质量, 是评价注塑机质量的一项重要指标。在实际应用中许多

注塑机没有锁模力的检测装置,这将无法知悉制品在成型过程中的锁模力大小和4根哥林柱的受力应变化情况,也就很难控制注塑制品的质量。另外,4根哥林柱是承受锁模力的主要构件,一旦受力分布不均匀,在合模时就会发生哥林柱断裂,导致注塑机和模具损坏^[5]。

为了能够有效检测锁模力的大小,笔者采用粘贴式电阻应变片法进行锁模力的测试。测量电路采用半桥公共补偿接法,将合模时4根哥林柱的受力应变位移量转换成模拟电量输入到 I/O 模块中,然后再通过计算、修正,得出实际锁模力。电阻应变片的安装位置如图6所示。应变片的接线电路如图7所示。

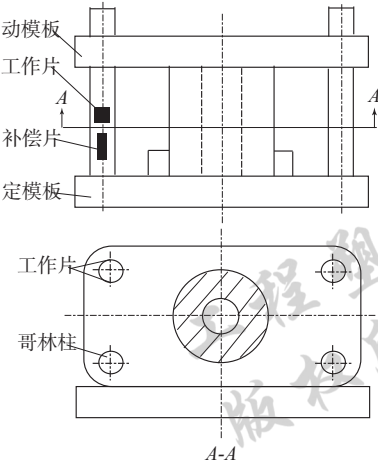


图6 电阻应变片的安装位置

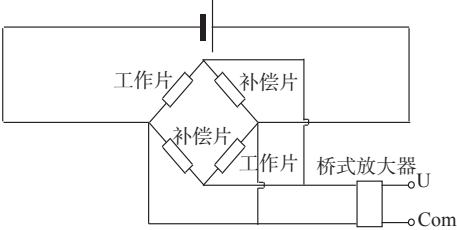


图7 应变片的接线电路

锁模力的大小直接受动模板的初始位置影响,而动模板的初始位置与初次安装模具时的模高调节有关。因此在模高调节时既要监控锁模力,又要防止锁模力过大而损害模具。

注塑机上的模高调节是由力矩电机来完成的,但力矩电机没有位移反馈环节,为保证模高调节的准确性,在调模机构上增加了外加编码盘和光电开关,根据编码盘的间距和光电开关的通断次数获得电机的初始位置,从而设定调模的准确位置。模高调节装置结构如图8所示。

表2列出了正常锁模条件下,模高调节电机堵

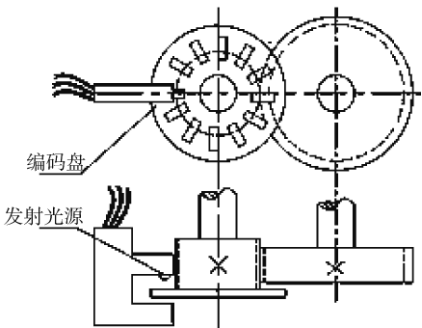


图8 模高调节装置的结构

转后的前进距离-应变量-锁模力的对应关系。

表2 模高调节电机堵转后的前进距离-应变量-锁模力的对应关系

模高调节电机堵转后的前进距离/mm	应变量/ $\mu\epsilon$			对应锁模力/kN	动模板位移/mm
	小	大	平均		
0.1	50	70	60	139.356	0.12
0.2	78	94	86	199.743	0.12
0.3	130	140	135	313.551	0.12
0.4	158	167	162.5	377.423	0.12
0.5	210	224	217	504.004	0.13
0.6	255	273	264	613.166	0.14
0.7	305	320	312.5	725.813	0.16
0.8(力矩2000N·m)	348	358	353	819.878	0.18
0.8(力矩3000N·m)	348	368	358	831.491	0.16
0.8(力矩4000N·m)	350	370	360	836.136	0.15
0.8(力矩6500N·m)	330	370	350	812.910	0.17

根据公式:

$\sigma = E \epsilon$ (3)

$A = \pi D^2$ (4)

$F = \sigma A$ (5)

可以推导出锁模力-应变量的运算公式:

$F = E \pi D^2 \epsilon$ (6)

式中: F ——锁模力, kN;

ϵ ——应变量, $\mu\epsilon$

A ——4根受力柱的总面积, m^2 ;

D ——1根受力柱的直径, m;

E ——弹性模量, MPa。

根据表2,采用插值方法得出模高调节电机堵转后的前进距离和锁模力之间的关系:

$Y = 0.9286F_x - 4.7143$ (7)

式中: Y ——模高调节电机堵转后的前进距离, mm;

F_x ——锁模力, kN。

根据上述研究可以发现模高调节电机力矩的增加并不能引起应变量和锁模力的明显变化,而实际上合理地设置动模板的初始位移,即可得到要求的锁模力。锁模力是由动模板和定模板的相对位置关系决定的。实际应用时,只要运用上述所提供的计

算公式就可以合理地设置锁模力, 保证注射过程中锁模力的稳定性。

4 结论

以肘杆式全电子式注塑机的合模机构为研究对象, 运用连杆机构运动学原理得出了动模板位移和电机位移及它们之间的速度的关系公式; 采用力矩电机加编码器反馈控制模高调节时的动模板位置, 并通过粘贴式电阻应变片法测试动模板在不同的初始位移下的锁模力, 得出了机械设备结合部件间力与相对位移的关系公式, 实现了全电子注塑机在合模过程中的锁模力控制, 保证了锁模力的稳定性和

准确性。经在全电子注塑机上进行验证, 取得了很好的应用效果。

参考文献

- [1] 林宏权, 蒋卫东. 全电子式注塑机的发展现状及展望[J]. 塑料工业, 2005(4): 1-4.
- [2] 郭广思. 注塑成型技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 田学军. 注塑过程分析及工艺参数设定[J]. 机械工程师, 2005(8): 109-111.
- [4] 李德群. 现代塑料注射成型的原理、方法与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2005.
- [5] 彭乃球. 注塑机锁模力测试技术[J]. 机电工程技术, 2002, 31(7): 115-116.

RESEARCH ON MOULD CLOSING AND LOCKING FORCE CONTROL OF ELECTRIC INJECTION MOLDING MACHINE

Kang Cunfeng, Liu Xin, Ma Chunmin, Huang Xudong

(College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

ABSTRACT The relationship formula of the displacement and velocity between the moving moulding plate and the motor of electric injection molding machine was derived according to principle of connecting rod kinematics and the curves of displacement and velocity were fit by using Matlab software. Then, the change of displacement and velocity of moving moulding plate could be monitored effectively through these curves, and it served users as the theory basis for setting the mould protection function. The locking force was also tested by using the affixable resistance strain gage method and the relationship formula of the initial position of moving moulding plate and the locking force was obtained, the stability of locking force in injection process was insured.

KEYWORDS electric injection molding machine, closing mould control, locking force

欧洲首个用于 PLA 的发泡供料螺杆技术获认证

塑料工程协会认证公司(Plastic Engineering Associates Licensing, Inc.)宣布其在欧洲第一次认证用于聚乳酸(PLA)制造的 Turbo-Screws 发泡供料螺杆技术。“此认证在欧洲食品包装工业中占据了重要地位,”PEAL 总裁 Dave Fogarty 谈道。

“我们的新客户告诉我们他们对目前在欧洲使用的 PLA 发泡食品包装质量不满意。因此他们看到了推出高质量 PLA 制造发泡食品包装的发展机遇。我们对能够成为 PLA 发泡食品容器推出的一页感到非常高兴。这对于两家公司而言是双赢的结果。”塑料工程协会认证公司的副总裁 Bill-Fogarty 说道。

巴西化学将建绿色 PE 项目

西圣保罗消息,北美地区热塑性树脂工业的领导者,并且是美洲地区第三大树脂制造商的巴西化学公司(Braskem)宣布其董事会已经批准了绿色聚乙烯(PE)项目。此得到批准的总投资额为五亿雷亚尔的项目将会从甘蔗乙醇中制造乙烯和 PE,将会于 2011 年在位于 RioGrandedoSul 州的南部石油化学工厂启用。

巴西化学公司已经完成了理论和基础设计层面的问题,建造的具体问题和开工将会于 2009 年早期开始。公司已经订购了此项目的一些关键设备,如原料气压缩机和冷却压缩

机,这均为必须满足项目相关需求的高科技设备。

为了使世界上由 100% 可回收材料制造的绿色 PE 进行商业化规模生产,巴西化学公司计划自己投资其中 30% 的资金而寻找另外的投资者来完成 70% 的投资。

基于国际市场上已确定的约 60 万 t 需求,绿色 PE 的价格将会比由不可回收原材料制造的 PE 价格高 15% 至 30%。此项目将会成为其它大型项目中第一个目前进行分析的项目,并估计将会有约 2 亿美元的净现值。(慧聪网)

海信高光无熔痕绿色注塑技术实现产业化

国内一种新的具有完全自主知识产权的高光无熔痕绿色注塑技术已经实现产业化,与常规注塑工艺相比,其注塑成本降低 10%。

该技术由海信集团和山东大学共同合作完成,属于国家“十一五”科技支撑计划项目,是一种高光洁度、节能环保的绿色注塑新技术、新工艺,其取消了目前普遍采用的喷涂及粘贴护屏等工艺环节,采用这种注塑工艺能提高产品光泽度和生产效率,降低制造成本,可应用于笔记本电脑壳体、大型液晶电视机面板、数字照相机、电视支座、汽车内饰件、空调、冰箱等的生产,此外还可应用于医疗卫生、日常生活等塑料制品以及填充增强纤维制品的生产。该技术的应用,可将目前日本、韩国的注塑成品率从 70% 提高到 90% 以上。

(中化网)