

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.015

间隙对电热变模温高光注塑模具加热效率的影响^{*}

吴康^{1,2}, 周海¹, 王龙宝^{1,2}, 石代恩¹, 徐彤彤¹, 周临震¹, 袁铁军¹, 李明¹, 孙从贵¹

(1. 盐城工学院, 江苏盐城 224051; 2. 江苏大学, 江苏镇江 212013)

摘要: 采用电热方式的高光注塑模具可以有效消除传统注塑成型过程中塑件的熔接痕、浮纤、银纹等缺陷。高光注塑成型技术要求对模具温度的快速动态控制, 然而在电加热高光注塑成型中, 电加热棒与模具安装孔之间不可避免地存在间隙, 间隙层内的空气大大阻碍热量向模具传递。研究了电加热棒与模具安装孔之间的间隙对电热变模温加热效率的影响, 构建了电加热高光注塑模具的三维热响应分析模型, 利用有限元分析软件 ANSYS 进行了三维瞬态传热分析, 得到了在不同间隙下的模具表面和电加热棒内部的热响应曲线, 并通过大量实验验证了理论分析和模拟方法的正确性。结果表明, 加热相同时间, 间隙量越小, 模具表面温度越高, 电加热棒内部温度越低, 加热效率越高, 相较于间隙在 0.32 mm, 间隙在 0.05 mm 加热到 60 s 的模具表面温度至少高出 50%, 电加热棒内部的温度至少低 55%。隙量对模具加热效率的影响并非成线性关系, 而是间隙量在越小的区间, 加热效率对间隙更加敏感, 研究结果为电热变模温高光模具结构设计和电加热棒的选用提供依据。

关键词: 间隙; 电加热; 高光注塑; 模具; 加热效率

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)07-0073-07

Effect of Gap on Thermal Response Efficiency in Heating Process of RHCM

Wu Kang^{1,2}, Zhou Hai¹, Wang Longbao^{1,2}, Shi Daien¹, Xu Tongtong¹, Zhou Linzhen¹, Yuan Tiejun¹, Li Ming¹, Sun Conggui¹

(1. Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China; 2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The defects such as weld bond, floating fiber, silver veins etc in traditional injection molding can be eliminated by rapid electric heating cycle injection molding technology. Rapid electric heating cycle injection molding technology requires rapid dynamic control of mold temperature. There is an unavoidable gap between the mounting holes and heaters, and the air in the gap layer greatly prevents heat from being transferred to the mold. Effect of the gap on thermal response efficiency in the heating process of rapid heat cycle molding (RHCM) was studied. By constructing the corresponding thermal response analytical 3D models for RHCM and conducting thermal response analysis on base of ANSYS, these simulation results was verified by experiments. These results show that smaller the gap is, higher the temperature of the mold surface is and lower the temperature of the electric heating rod is at the same time of heating, so higher the efficiency of heating is. When the gap is 0.05 mm and heating time is 60 s, the temperature of mould surface is 50% higher and the temperature of the electric heating rod is 55% lower at least than which is 0.32 mm. Effect of the gap on thermal response efficiency is not a linear relationship, the gap is smaller, the heating efficiency is more sensitive. These researches provide the basic information for structure design and selection of heat rod.

Keywords: gap; electric heat; rapid heat cycle molding; mold; thermal response efficiency

高光注塑成型技术 (RHCM) 是一种基于对模具温度快速动态变化的聚合物注塑成型技术。与常规注塑技术不同的是, 该技术通过快速控制温度变化, 可消除塑件表面的熔接痕、流痕和银纹等缺陷, 可得到一次成型无需后续加工的高品质外观塑件, 显著提高生产效率, 降低成本且减少环境污染^[1-5]。

电加热变模温是一种有效的高光注塑成型加热技术, 以其独特的优势 (随着温度的进一步升高, 电加热的效率亦明显高于其他类型的加热方式^[6]; 加热棒的应用使得模具不需要外设热源, 而且价格低廉, 大大降低了高光模具的生产成本^[7]) 广泛应用

于高品质的塑件的成型过程中。电热变温是利用电热元件通过导热加热模具的技术。工作原理是在塑料熔体注入模具型腔之前, 利用埋设在模具内的电加热棒通过导热将模具型腔和型芯迅速升温至熔体玻璃化转变温度以上, 并在充填和保压阶段保持高温, 在冷却阶段, 通过模具内部的冷却系统将模具快速冷却至一定温度后, 开模取出塑件。

^{*} 国家自然科学基金项目 (51675457), 江苏省普通高校专业学位研究生创新计划项目 (SJZZ16-0294)

联系人: 吴康, 硕士, 主要从事高光注塑成型技术研究

收稿日期: 2017-05-04

然而在实际加热过程中,电加热的加热效率与模拟的理想加热效率差距较大,原因是电加热棒与模具孔的制造偏差和以及为了方便安装,电加热棒与模具安装孔之间有一定间隙,当模具孔越长,间隙越大,空气层越厚,加热效率就越低,为了避免间隙过大,电加热棒需紧紧地安装在模具的孔中,因此,将安装好的电加热棒从安装孔中拆卸出来也是非常困难的,这给电加热元件损坏时的更换带来了极大的困难^[8]。可见,直接将电加热棒插入模具孔中的加热方式不可避免地造成了空气层的存在,阻碍热量向模具方向传递,进而影响塑件成型品质和生产效率,同时还会影响电加热棒温度场的分布,影响电加热棒的寿命。

关于电加热棒与模具之间的间隙对高光注塑模具加热阶段的影响鲜有研究,笔者以传热学为理论基础,构建了间隙存在下电加热模具加热模型,并通过数值模拟和实验论证,证明了模型的正确性,同时分析了不同间隙对电加热模具加热效率的影响。

1 模型与方法

1.1 研究模型

电加热棒加热模具一般直接将加热棒插入模具的安装孔中,模具和加热棒不可避免地存在一定的间隙,间隙大小主要取决于电加热棒和模具安装孔的制造公差大小以及安装孔的长度。电加热棒的外径尺寸采用一般公差等级,与模具安装孔需间隙配合,模具安装孔一般采用深孔钻加工,孔径精度:H7~H9,孔直线度:(0.05~0.1)/1000 mm。为了更加准确方便地研究间隙对模具加热的影响,笔者采用的模具为三个外径不同的圆筒形简易模具,如图1所示,模具内孔插入加热棒,模具和电加热棒长度为150 mm,模具内孔为16 mm,外径分别为25,30,35 mm,结合模具和电加热棒尺寸公差大小,笔者研究的间隙量区间为0.03~0.3 mm,取4个间隙量进行研究,分别为0.03,0.1,0.2,0.3 mm,因此电加热棒直径分别为15.94,15.8,15.6,15.4 mm,然而实际加工出来的电加热棒直径实际尺寸都偏小0.02 mm,同时模具内孔直径实际尺寸都偏大0.02 mm,因此研究的实际间隙量为0.05,0.12,0.22,0.32 mm。

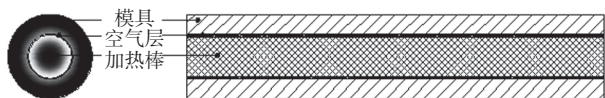


图1 研究模型

当采用电加热方式加热模具时,电流通过电加热棒电阻丝产生热量 Q ,热量沿径向从电加热棒向模具方向传递,其中热量的传递方式相当复杂,由于电加热棒只是少部分直接与模具内孔表面接触,且存在着空气层,电加热棒产生的热量一部分先是通过空气导热传递给模具,一部分直接通过热辐射传递给模具,另一部分由于电加热棒与模具的直接接触通过导热传递给模具,还有一部分由于空气层沿轴向的对流所损耗。

由于电加热棒与模具接触部分极少,且电加热棒比较长,假设只存在空气导热和热辐射,忽略电加热棒与空气层的对流损耗,则电加热棒与模具之间的传热实际上可以看作是两端绝热条件下的空气夹层的传热,传热示意图如图2所示。

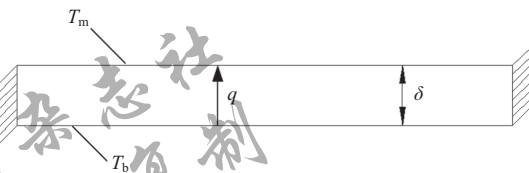


图2 封闭夹层示意图

夹层间隙内的空气流动取决于以间隙为厚度为特征的 G_r 数:

$$G_r = \frac{g\alpha(T_b - T_m)\delta^3}{\nu^2} \quad (1)$$

式中: G_r 为格拉晓夫数; g 为重力加速度, m/s^2 ; α 为空气体膨胀系数, $1/T$; T_b 为电加热棒表面温度,K; T_m 为模具安装孔表面温度,K; δ 为空气层厚度即电加热棒和模具之间的间隙=(模具内孔直径-电加热棒直径)/2,m; ν 为空气的运动黏度, m^2/s 。

由于间隙量 δ 为0.05~0.32 mm,水平夹层空气的 $G_r \leq 2430$,夹层内空气流动难以展开,故间隙内空气可以看作是纯空气导热。由于空气是透热介质,因此电加热棒表面与模具安装孔之间还有辐射传热。这样,通过间隙空气层传递的热流密度 q 为传导热流密度 q_k 和辐射热流密度 q_r 之和。

$$q = q_k + q_r \quad (2)$$

$$q_k = \frac{\lambda_k}{\delta}(T_b - T_m) \quad (3)$$

$$q_r = \varepsilon_s \sigma_0 (T_b^4 - T_m^4) \quad (4)$$

$$\varepsilon_s = \frac{1}{\varepsilon_m + \varepsilon_{b-1}} \quad (5)$$

式(2)~式(5)中: q 为通过电加热棒通过间隙空气向模具传递的总热流密度, W/m^2 ; q_k 为电加

热棒通过间隙空气纯导热传递给模具的热流密度, W/m^2 ; q_r 为电加热棒直接通过热辐射传递给模具的热流密度, W/m^2 ; λ_k 为空气的导热系数, $W/(m \cdot K)$; ε_s 为系统发射率; ε_m 和 ε_b 分别为模具安装孔表面和电加热棒表面发射率; σ_0 为斯蒂芬-玻尔茨曼常数, $\sigma_0 = 5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$ 。

将式 (3)、式 (4) 代入到式 (2) 中, 得:

$$q = \frac{\lambda_k}{\delta} (T_b - T_m) + \varepsilon_s \sigma_0 (T_b^4 - T_m^4) + \frac{\lambda_k + \lambda_f}{\delta} (T_b - T_m) \quad (6)$$

$$q = \frac{\lambda_t}{\delta} (T_b - T_m) \quad (7)$$

$$\lambda_t = \lambda_k + \lambda_f \quad (8)$$

$$\lambda_f = \varepsilon_s \delta \sigma_0 (T_b^2 + T_m^2) (T_b + T_m) \quad (9)$$

式 (6)~式 (9) 中, λ_t 为间隙空气夹层的等效导热系数, λ_f 为间隙空气夹层的等效热辐射导热系数, $W/(m \cdot K)$ 。

在进行有限元热分析时, 忽略电加热棒与空气层的对流损耗以及电加热棒与模具的直接接触产生的热传导, 可以将其等效为空气夹层传热模型。由于间隙较小, 夹层空气内的热量传递可以看作是纯空气导热, 同时将辐射产生的影响通过等效导热系数折算到空气纯导热中, 因此电加热棒向模具传递的热量可以理解为纯空气导热。

1.2 研究方法

为了研究间隙对电加热高光注塑模具加热过程的影响, 通过控制电加热棒的直径大小使得间隙量分别为 0.05, 0.12, 0.22, 0.32 mm, 同时采用三种不同厚度的圆筒形筒易模具, 通过实验和模拟的方法, 研究在不同间隙下模具表面的热响应, 探索间隙对模具加热效率的影响。

(1) 模型简化与假设。

加热元件采用市场上模具加热专用的高功率密度单头电加热棒, 此种电加热棒是在一定直径的氧化镁管上均匀绕上电热丝, 然后放在无缝不锈钢内, 填充导热性能和绝缘性良好的氧化镁粉后缩管而成。这种电加热棒由内向外可以将其分为四层, 分别为氧化镁管、电阻丝、压缩氧化镁粉层、不锈钢, 将电加热棒插入模具后的结构如图 3 所示。

在此模型中, 将缠绕在氧化镁棒上的直径 0.3 mm 电阻丝假设为 0.2 mm 厚度的套筒层, 在电加热棒实际加工过程中, 不可避免地造成每层结构之间有一定的接触热阻, 在此模型中, 假设压缩氧化镁粉层与不锈钢管之间以及与电阻丝之间存

在接触热阻, 且两处接触热阻大小相等, 经电加热棒的空烧实验可以确定接触热阻大小在 $1 \times 10^{-4} \sim 1.25 \times 10^{-4} (m^2 \cdot K)/W$ 之间, 与固体与固体之间的接触热阻数量级吻合^[9-11]。

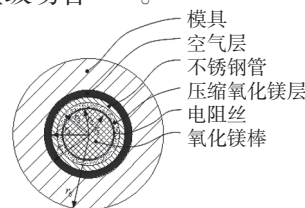


图3 加热系统结构模型

①模型中的各层材料各向同性, 且其热物性参数不随温度变化, 各层参数如表 1 所示。

表1 各层材料的热物性参数

层名	导热系数 / [W · (m · K) ⁻¹]	比热容 / [J · (kg · °C) ⁻¹]	密度 / (kg · m ⁻³)
氧化镁棒	21	882	3 000
电阻丝	12.2	500	7 900
氧化镁粉	21	3 000	3 000
不锈钢管	18	7 800	7 800
空气层	0.03	1 009	1
模具	38	500	7 880

②由于温度较低, 忽略各层结构的热变形。

③假设电加热棒与模具之间热量的传递只是通过空气的热传导以及直接的热辐射, 并将热辐射对传热的影响折算到空气的等效导热系数中。

(2) 边界条件与初始条件。

①边界条件的确定。

氧化镁粉层与电阻丝以及不锈钢管之间。氧化镁粉未经缩管后残留在电阻丝与氧化镁层、氧化镁层与不锈钢之间的空气会形成一定的接触热阻, 因此电阻丝与氧化镁层、氧化镁层与不锈钢之间有接触边界条件, 其换热边界条件的表达式分别为:

$$-\lambda_m \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_m = \frac{1}{\varepsilon_1} (T_s - T_m) \quad (10)$$

$$-\lambda_g \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_g = \frac{1}{\varepsilon_2} (T_m - T_g) \quad (11)$$

式中: λ_m , λ_g 为氧化镁、不锈钢的导热系数; ε_1 , ε_2 分别为电阻丝与氧化镁层、氧化镁与不锈钢管之间的接触热阻; T_s , T_m , T_g 分别为电阻丝、氧化镁、不锈钢边界处的温度。

模具与外界环境的对流和热辐射边界条件:

$$-\lambda_j \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_j = h(T_j - T_w) + \varepsilon \sigma_0 (T_w^4 - T_j^4) \quad (12)$$

式中, λ_j 为模具的导热系数; T_j , T_w 为模具外表面和环境温度; h 为对流换热系数。

②初始条件的确定。

根据实际生产情况, 模具初始温度设为 27 °C。

为了模拟电加热棒的实际加热作用,在电热丝上施加生成密度载荷,其值可根据公式(13)计算。

$$q = \frac{P}{\pi(r_1^2 - r_2^2) \times L} \quad (13)$$

式中: q 为电热丝体热生成率; P 为电加热棒功率; r_1 为电热丝薄层外径; r_2 为电热丝薄层内径; L 为电加热棒长度。

将 $P=500 \text{ W}$, $r_1=0.0042 \text{ m}$, $r_2=0.004 \text{ m}$, $L=0.15 \text{ m}$ 代入式(13)得到体热生成率为 $q=7.06 \times 10^8 \text{ W/m}^3$ 。

(3) 数值模拟。

基于上述简化的模型,在 ANSYS 软件中建立电加热高光注塑模具的三维传热模型,并设置相应的材料属性。利用四面体单元对模型进行网格划分,并在氧化镁粉层与镍铬丝之间以及与不锈钢管的内壁间设置一定的接触热导,待完成所有加载后,对这电加热方法的传热过程的温度场进行求解。

(4) 实验论证。

为了充分验证模型的正确性,实验采用3种不同厚度的简易模具 A, B, C, 外径分别为 25, 30, 35 mm, 其内径均为 16 mm, 4 种不同外径的电加热棒, 编号为 1, 2, 3, 4, 直径分别为 15.9, 15.76, 15.56, 15.36 mm, 从而有 12 种不同的实验组合 A1, A2, A3, A4, B1, ...。

为准确测量温度,在电加热棒镁管中部插入 K 型热电偶,同时在模具外表面相应位置(模具表面的中部点 a、距离中部 60 mm 的两端点 b, c, 并且保证三点在一条素线上)焊接三个 K 型热电偶,热电偶位置如图 4 所示。采用 YUDIANKAI-516 温度显示器,采用常州创鑫 TEDGZ-20 KVA 单相调压器。实验前,测量电加热棒的实际电阻,调节电压使得电加热棒功率为 500 W,实验过程中随温度的升高,电阻丝电阻不断变化,微调电压,使得电加热棒的功率维持在 500 W。保持室温在 27℃ 左右,给电加热棒通电 60 s,实验数据每间隔 2 s 由智能控制器读取,每组实验重复三次,最终结果取其平均值。

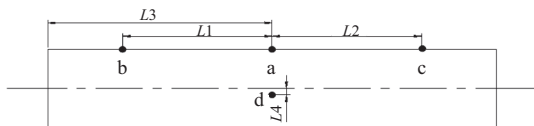
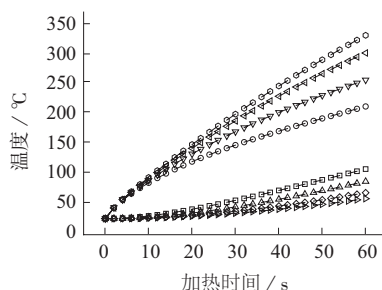


图4 测温点示意图

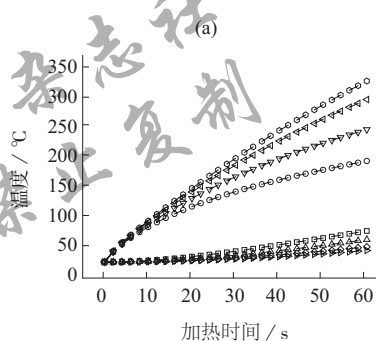
2 结果与讨论

模拟实验模拟了电加热模具的 60 s 加热过程,

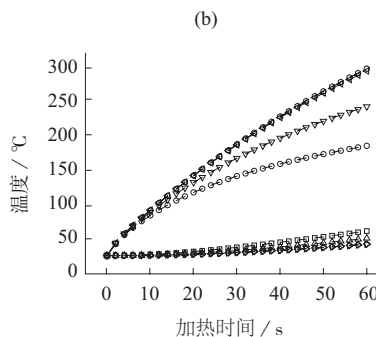
在模具表面设置了三个温度追踪点 a, b, c, 在电加热棒内部设置一个温度追踪点 d, 各点的位置与实验设置一致。模具的表面平均温度可近似认为是 a, b, c 三点温度的平均值。图 5 为模拟的不同模具下不同间隙时的电加热棒和模具表面平均温度的热响应模拟曲线。



□—A1模具表面; ○—A1电加热棒内部; △—A2模具表面; ▽—A2电加热棒内部;
◇—A3模具表面; ◀—A3电加热棒内部; ▶—A4模具表面; ◌—A4电加热棒内部



□—B1模具表面; ○—B1电加热棒内部; △—B2模具表面; ▽—B2电加热棒内部;
◇—B3模具表面; ◀—B3电加热棒内部; ▶—B4模具表面; ◌—B4电加热棒内部



□—C1模具表面; ○—C1电加热棒内部; △—C2模具表面; ▽—C2电加热棒内部;
◇—C3模具表面; ◀—C3电加热棒内部; ▶—C4模具表面; ◌—C4电加热棒内部

(c)

a—A 模具; b—B 模具; c—C 模具

图5 模具加热响应模拟曲线

从图 5 可以清晰看出,间隙量越小,当加热到相同时间,模具表面温度越高,电加热棒内部温度越低。间隙量对模具表面和电加热棒内部热响应的影响并非成线性关系,而是间隙量在越小的区间,其热响应对间隙更加敏感,以图 5a 为例,当间隙量由

0.32 mm 减小 0.1 ~ 0.22 mm 时,加热到 60 s 的模具表面温度升高了 10.00℃,电加热棒内部温度降低了 29.8℃,当间隙再减小 0.1 ~ 0.11 mm,模具表面温度升高了 19.03℃,电加热棒内部温度降低了 45.44℃,当间隙量再减小 0.05 mm,则模具表面温度升高了 20.78℃,电加热棒内部温度降低了 44.66℃。

为了表征模具加热效率对间隙的敏感程度,引入一种加热效率对间隙敏感程度 C_{ep} ,加热效率高主要表现在加热单位时间的模具表面温度和电加热棒内部温度的高低,加热效率越高,则模具温度越高,电加热棒内部温度越低,因此敏感系数 C_{ep} 可以用两种温度变化率除以变化的间隙量来表示。

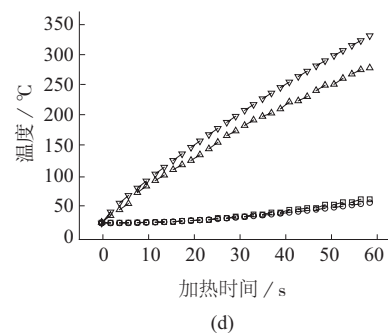
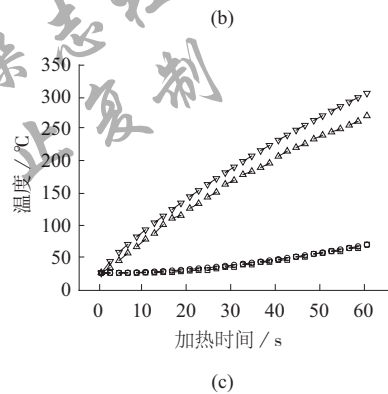
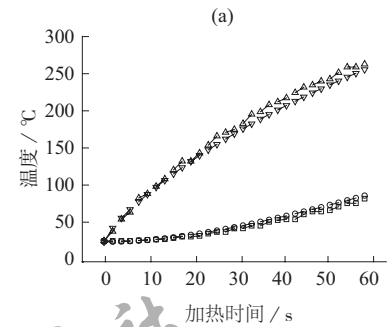
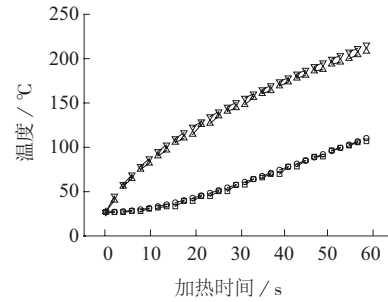
$$C_{ep} = (T_2 - T_1) / (T_1 \nabla \delta) \quad (14)$$

T_2 为加热 60 s 的模具表面温度或者电加热棒内部温度, T_1 为间隙变化后加热 60 s 的模具表面温度或者电加热棒内部温度, δ 为变化的间隙量。表 2 为 3 种模具 3 个间隙区间的敏感系数,包括模具表面温度 C_{ep} 和电加热棒内部温度 C_{ep} 。由表 2 可明显看出,不管模具是什么规格,在不同的间隙区间内,敏感系数明显不同,敏感系数随间隙的减小而增大,敏感系数越大表示加热效率受间隙影响更大。

表 2 3 种模具 3 个间隙区间的 C_{ep}

模具	C_{ep}	0.32 ~ 0.22	0.22 ~ 0.12	0.12 ~ 0.05
A	模具表面温度 C_{ep}	1.649	2.693	3.860
	电加热棒内部温度 C_{ep}	0.887	1.485	2.856
B	模具表面温度 C_{ep}	1.321	2.323	3.717
	电加热棒内部温度 C_{ep}	0.940	1.680	3.532
C	模具表面温度 C_{ep}	0.125	1.932	3.327
	电加热棒内部温度 C_{ep}	0.112	1.756	3.906

图 6 ~ 图 8 为 12 种组合试验的模拟和试验的电加热棒内部温度和模具表面平均温度的热响应曲线。从图 6 ~ 图 8 可以看出,不管是电加热棒内部温度还是模具表面温度,随着加热时间的增加,其值先是非线性增长,而后逐渐趋于线性。对于模具表面温度,12 组试验与模拟的结果吻合得非常好,相对误差均在 5% 以下,而对于电加热棒内部温度,实验和模拟结果偏差较大,而且随着电加热棒与模具安装孔之间间隙的增大,实验和模拟结果偏差增大,随着加热时间的增加,其偏差也是越来越大,造成这种现象可能的原因是电加热棒本身在整个系统当中体积较小,储能能力有限,温度更易升高,再者当间隙量变大且电加热棒温度升高时,系统对外的热量损失会增加,同时随着时间的推移,模拟与实验的累计误差也会增大,因此造成了这种现象。



□—实验模具表面;○—模拟模具表面;

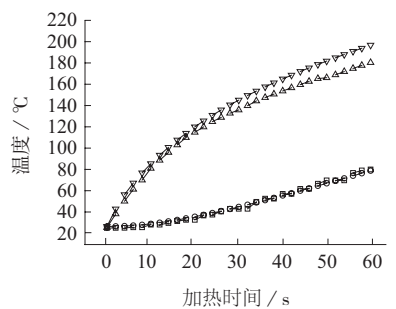
△—实验电加热棒内部;▽—模拟电加热棒内部

a—组合 A1; b—组合 A2; c—组合 A3; d—组合 A4

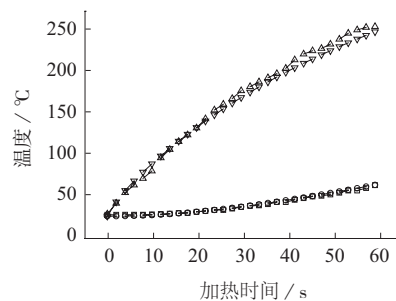
图 6 A1 ~ A4 组合实验的模拟与试验曲线

3 结论

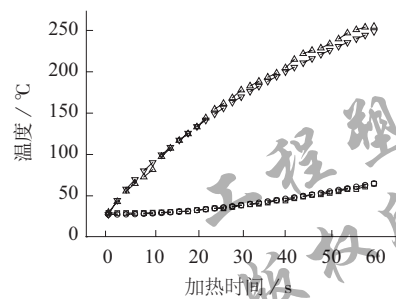
研究了在电加热高光注塑模具中,电加热棒与模具安装孔之间的间隙对模具表面加热效率和电加热棒内部温度的影响。构建了电加热高光注塑模具的热响应分析模型,理论分析了传热过程,经过一定的简化和假设,利用有限元的方法,借助分析软件



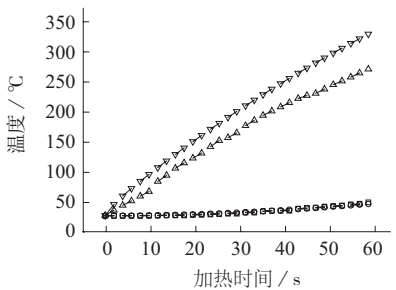
(a)



(b)



(c)



(d)

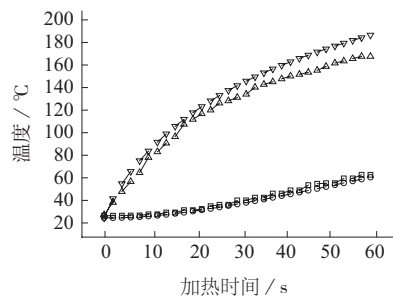
□—实验模具表面;○—模拟模具表面;

△—实验电加热棒内部;▽—模拟电加热棒内部

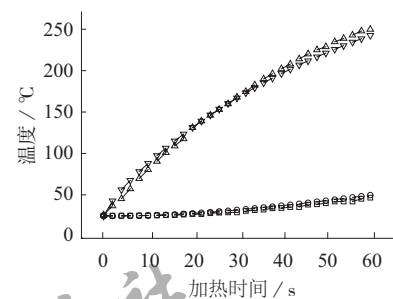
a—组合 B1 ; b—组合 B2 ; c—组合 B3 ; d—组合 B4

图 7 B1 ~ B4 组合实验的模拟与试验曲线

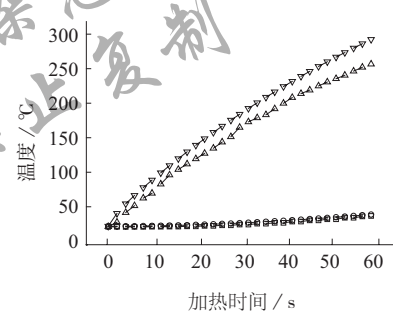
ANSYS 进行了瞬态传热分析,得到了不同间隙下的模具表面和电加热棒内部的热响应曲线,同时,通过实验,验证了所建模型和模拟的准确性。研究结果显示,电加热棒与模具安装孔之间的间隙对模具的加热效率影响显著,相较于间隙在 0.32 mm,间隙在 0.05 mm 加热到 60 s 的模具表面温度至少



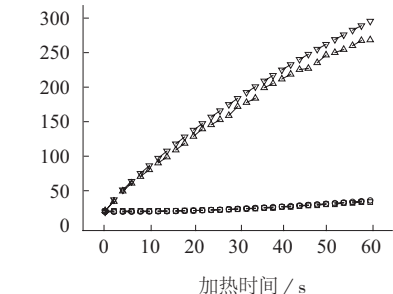
(a)



(b)



(c)



(d)

□—实验模具表面;○—模拟模具表面;

△—实验电加热棒内部;▽—模拟电加热棒内部

a—组合 C1 ; b—组合 C2 ; c—组合 C3 ; d—组合 C4

图 8 C1 ~ C4 组合实验的模拟与试验曲线

高出 50%,电加热棒内部的温度至少低 55%。当间隙量越小,越利于热量从电加热棒向模具传递,因此模具加热效率越高,同时电加热棒内部温度越低,可以延长电加热棒寿命。间隙量对模具加热效率热响应并非线性关系,引入了敏感系数 C_{ep} 来表征加热效率对间隙的敏感程度,在越小的间隙区间里, C_{ep}

越大,间隙量的变化对加热效率的影响更加显著,因此为了保证电加热高光注塑模具的加热效率,很有必要控制电加热棒与模具安装孔之间的间隙。

参考文献

- [1] 赵国群,王桂龙,李辉平,等. 快速热循环注塑技术的研究与应用[J]. 塑性工程学报,2009(1):190-195.
Zhao Guoqun, Wang Guilong, Li Huiping, et al. Research and application of rapid heating cycle molding technology[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2009(1):190-195.
- [2] 王桂龙,赵国群,李辉平,等. 变模温注塑技术的研究与应用分析[J]. 现代化工,2009(2):24-27.
Wang Guilong, Zhao Guoqun, Li Huiping, et al. Study of variotherm injection molding technology and analysis on its application[J]. Modern Chemical Industry, 2009(2):24-27.
- [3] 张明磊,于昕世,王小新,等. 蒸汽高光无熔痕成型技术研究与应用[J]. 模具技术,2009(3):27-29+53.
Zhang Minglei, Yu Xinshi, Wang Xiaoxin, et al. Study and application of high-gloss & no-weldline steam injection molding technology[J]. Die and Mould Technology, 2009(3):27-29+53.
- [4] Yao Donggang, Chen S C, Kim B H. Rapid thermal cycling of injection molds:an overview on technical approaches and applications[J]. Advances in Polymer Technology, 2008, 27(4):233-255.
- [5] Wang Xiaoxin, Zhao Guoqun, Wang Guilong. Research on the reduction of sink mark and warpage of the molded part in rapid heat cycle molding process[J]. Materials & Design, 2013, 47:779-792.
- [6] Wang Guilong, Zhao Guoqun, Li Huiping, et al. Research of thermal response simulation and mold structure optimization for rapid heat cycle molding processes, respectively, with steam heating and electric heating[J]. Materials & Design, 2010, 31(1):382-395.
- [7] 刘斌,赵春振,吴明星. 模具加热与温控方法剖析[J]. 模具工业, 2009(5):1-6.
Liu Bin, Zhao Chunzhen, Wu Mingxing. Analysis of heating and temperature control technique for injection mould[J]. Die & Mould Industry, 2009(5):1-6.
- [8] Wang Guilong, Zhao Guoqun, Wang Xiaoxin. Development and evaluation of a new rapid mold heating and cooling method for rapid heat cycle molding[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014, 78:99-111.
- [9] 徐烈,杨军,徐佳梅,等. 低温下固体表面接触热阻的研究[J]. 低温与超导, 1996(1):53-58.
Xu Lie, Yang Jun, Xu Jiamei, et al. The research of contact thermal resistance of solid surface at low temperature[J]. Cryogenics & Superconductivity, 1996(1):53-58.
- [10] 李志伟,徐烈,孙恒,等. 低温真空下固体界面间接触热导实验分析[J]. 低温与超导, 2004(1):55-58.
Li Zhiwei, Xu Lie, Sun Heng, et al. Experimental research on thermal contact resistance under vacuum and low temperature[J]. Cryogenics & Superconductivity, 2004(1):55-58.
- [11] 毕冬梅,陈焕新,王丽萍,等. 低温下接触界面热阻的实验与模拟研究[J]. 低温工程, 2011(5):46-49+55.
Bi Dongmei, Chen Huanxin, Wang Liping, et al. Simulation study on thermal boundary resistance between different metals at low temperature[J]. Cryogenics, 2011(5):46-49+55.

聚合物在 3D 打印方面重焕生机

薄膜电容器因其良好的电工性能与高可靠性,广泛应用于电子和电气系统中,如 LED 照明、LCD 背光照明、电动汽车转换器等。应市场对薄膜电容器轻量化、小型化、高能量密度,且能在高温环境下长期可靠运行,容量与绝缘电阻保持稳定的设计要求,沙特基础工业公司 (SABIC) 推出耐温型聚醚酰亚胺 (PEI) 薄膜 ULTEM™ 薄膜 UTF120,以满足日益增加的市场需求。

ULTEM™ 薄膜 UTF120 是一种耐高温并具有高能量密度的电容薄膜,可以符合产业严格的技术要求,适用于生产专业耐温级薄膜电容器。

ULTEM™ 薄膜 UTF120 的温度特性 (-40℃ ~ 150℃) 和频率特性非常稳定,在 150℃ 工作环境下,具有稳定的容值、高绝缘电阻、高介电常数、低损耗和长期可靠性。ULTEM™ 薄膜 UTF120 生产出的电容器,其广泛的温度适应能力增加了产品的可靠性,同时降低甚至消除了对转换器主动冷却的需求。

SABIC 高性能材料与薄膜事业部全球总监蔡耀铭博士表示:“ULTEM™ 薄膜 UTF120 的量产和在电动汽车转换

器上的成功应用,显示耐温型薄膜电容器可降低主动冷却系统的设计需求,允许电容器靠近芯片,从而大幅提高设计灵活性与简易性。这一优势将带动下一代电容器薄膜发展,并将扩展超薄耐温薄膜更广泛的应用需求。” (中塑在线)

伦敦大学的一名学生变废旧塑料袋为滑板

伦敦 Brunel 大学的一名学生设计了能将塑料购物袋变成滑板的紧凑型压机,旨在解决社区垃圾和森林砍伐问题,并且使孩子们的滑板成本变的更低。

每年全球生产超过 3 亿吨的塑料,虽然其中很大一部分可以回收利用,但大多数情况下是被简单的废弃了。大约 90% 的废弃塑料进入了垃圾填埋场、海洋以及残余在动物的胃和人类的供水系统中。

传统的滑板甲板由胶合板制成,最常见于加拿大枫树,这也是枫树林砍伐的最大原因之一。专业滑板玩家可以承受每年更换几十个甲板,但对于年轻的滑板迷们来说更换板子的成本令人望而却步。

Jason 希望独立的滑板店及其他当地企业最终能够建立自己的回收中心,让人们可以使用该机器将自己收集的废塑料变废为宝。 (材料科技在线)