

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.03.011

超薄注塑中熔体-型腔对流传热系数的研究^{*}

殷素峰^{1,2}, 阮育煌³, 阮锋²

(1. 东莞理工学院城市学院机电工程系, 广东东莞 523419; 2. 华南理工大学机械与汽车工程学院, 广州 510641;

3. 东莞市奕东电子有限公司, 广东东莞 523125)

摘要: 为了研究超薄注塑中熔体与型腔的传热对充模过程的影响, 利用狭缝流变仪和自制 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 mm 的不同狭缝厚度口模, 选择聚碳酸酯和聚苯乙烯作为试验材料, 根据傅里叶热传导定律, 测试了各口模在不同注射速度和不同型腔厚度下的熔体-型腔传热系数, 结果显示熔体-型腔传热系数与注射速度成正比线性关系, 与型腔厚度成反比指数关系。通过数据处理, 拟合了熔体-型腔传热系数与注射速度和型腔厚度的关系曲线。基于 Moldflow2012, 分别采用熔体-型腔传热系数计算值(由上述关系曲线计算得到)与传统缺省值对超薄注塑过程进行数值模拟, 并将模拟结果与实际注塑结果进行对比, 发现采用计算值模拟的结果与实际注塑结果有较高的吻合度, 从而证实了研究过程的正确性。

关键词: 超薄注塑; 对流传热系数; 注射速度; 型腔厚度; 流变实验

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)03-0054-06

Study on Convection Heat Transfer Coefficient of Melt-Cavity in Ultra-thin Injection Molding

Yin Sufeng^{1,2}, Ruan Yuhuang³, Ruan Feng²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, City College of Dongguan University of Technology, Dongguan 523419, China;

2. School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

3. Dongguan Yidong Electronic Co. Ltd., Dongguan 523125, China)

Abstract: In order to study the influences of melt-cavity heat transfer on the filling process in ultra-thin injection molding, by using slit rheometer and self-made dies with different slit thickness of 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 mm, choosing PC & PS as the experimental materials, and according to the Fourier heat conduction law, the melt-cavity convection heat transfer coefficient of every die was tested in different injection rates and different cavity thicknesses. The results show that there is a proportional linear relationship between the heat transfer coefficient and the injection rate and a negative exponential relationship between the heat transfer coefficient and the cavity thickness. Through data processing, the relation curve of the heat transfer coefficient, injection rate and cavity thickness was fitted. Based on the Moldflow2012, numerical simulation of ultra-thin injection molding was processed respectively by adopting the calculating values which calculated by the above relation curve and traditional default values of the heat transfer coefficient, the simulation results were compared with the practice results of injection molding. It is found that the results simulated with the calculating values are highly accorded to the practice results, the correctness of the research process is verified.

Keywords: ultra-thin injection; convective heat transfer coefficient; injection rate; cavity thickness; rheological experiment

对流传热系数表征流体与固体表面之间的换热能力, 其值与换热过程中流体的物理性质、换热表面的形状以及流体的流速等都有密切关系。在普通注塑中, 由于塑件厚度较大, 所含热量多, 熔体-型腔对流传热系数对熔体充模过程的影响并不明显, 在数值模拟(如 Moldflow2012)过程中常将熔体-型腔对流传热系数取缺省值为 $5000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。但在超薄注塑中, 由于塑件厚度小, 所含热量少, 熔体-型腔对流传热系数对熔体充模过程的影响非常显著, 其值的确定尤为重要。超薄注塑一般指流

长厚度比 L/T (L 为流动长度、 T 为塑件厚度) 大于 100(或 150) 的薄壁注射成型^[1]。

对传热系数研究的文献很多, 但多集中于水、油、气等热力学领域, 如 M. Ghajar 等^[2] 研究了毛细

^{*}2011 广东省教育部产学研结合项目 (2011B090400381), 2009 广东省省建设现代化产业体系技术创新滚动计划项目 (2009863024), 2012 广东省教育厅民办教育专项资金项目

联系人: 殷素峰, 讲师, 博士, 主要研究方向为模具计算机技术及特种塑性成型

收稿日期: 2016-01-04

管传热系数的数学模型,认为传热系数是热负荷的函数。S. D. Farahani 等^[3]用逆热传导方法测定纯净水在微通道中的对流传热系数,结果证明对流传热系数并非常量,而与逆热强度呈反比例非线性关系。但在注射成型领域,熔体-型腔对流传热系数研究的相关文献较少,K. Ainoya 等^[4]诸多学者认为其值可能为 $1200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 甚至更小。庄俭^[5]根据热渗透学原理,认为在微注塑流道中熔体-型腔对流传热系数为时间的函数,并利用函数模型对微流道的充填做了仿真研究,证实了函数对流传热系数更能真实描述微流道中的热交换。于同敏等^[6]通过试验装置测量了聚丙烯、聚甲醛和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 3 种聚合物在微注塑中的熔体-型腔对流传热系数,结果表明,当注射速度和型腔表面粗糙度值增加以及型腔厚度尺寸减小时,微尺度下熔体-型腔对流传热系数明显增大。

超薄注塑区别于普通注塑,也不同于微注塑,充模过程中为了增加流长,必须采用高速高压注射单元充模成型,充模时间常在 $0.1 \sim 0.01 \text{ s}$ 的级别,试验数据难以测量,因此,论述超薄注塑熔体-型腔对流传热系数的相关文献比较少见。

1 熔体-型腔对流传热系数对超薄注塑的影响

为了研究熔体-型腔对流传热系数对超薄注塑过程的影响,基于 Moldflow2012 进行数值分析^[7]。设计 3 种矩形有限元模型试件,平面尺寸均为 $45 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$,厚度分别为 $0.3, 0.6, 1.0 \text{ mm}$,如图 1 所示。模型采用 fusion 网格单元划分策略,试件为 triangle 面单元,流道、浇口为 beam 单元,全局网格边长 0.5 mm ^[8]。试件材质选择日本帝人公司的 Panlite L-1225L 聚碳酸酯(PC)。



图1 有限元模型

分析过程采用一模两腔,设置螺杆直径为 24 mm ,螺杆注射速度为 500 mm/s ,其余工艺参数见表 1。

当熔体-型腔对流传热系数分别取 $0.2 \times 10^4, 1 \times 10^4, 2 \times 10^4, 3 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时,3 种不同厚度的试件浇口处最大注塑压力如图 2 所示。从图 2 可知,当试件厚度为 1 mm 时,熔体-型腔对流传热系数对最大注塑压力的影响很小,如传热系数取

表1 模拟工艺参数

工艺参数	数值
模具温度 / $^{\circ}\text{C}$	110
熔体温度 / $^{\circ}\text{C}$	310
V/P 转换 ¹⁾	95%
锁模力 / t	55
保压压力 ²⁾	60%
保压时间 / s	0.5

注:1)表示注塑过程中转换为保压时熔体填充体积占型腔体积的百分数;2)表示保压压力占最大注塑压力的百分数。

$0.2 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时,注塑压力为 66.5 MPa ,取 $3 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时,注塑压力为 70.7 MPa ,差值仅为 4.2 MPa 。随着试件厚度减小,熔体-型腔对流传热系数对最大注塑压力的影响明显增大,如试件厚度为 0.3 mm 、传热系数取 $0.2 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时,注塑压力为 220.6 MPa ,取 $3 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时,注塑压力为 281.2 MPa ,差值为 60.6 MPa 。可以看出,熔体-型腔对流传热系数对超薄塑件成型过程的影响非常明显,获取准确的熔体-型腔对流传热系数对超薄注塑来说显得至关重要。

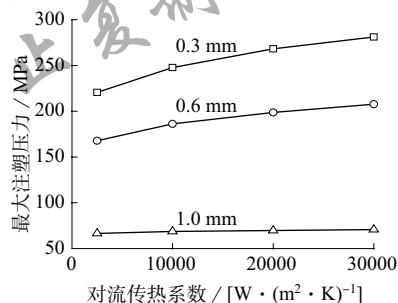


图2 熔体-型腔对流传热系数对不同厚度试件最大注塑压力的影响

2 熔体-型腔对流传热系数的测试试验

2.1 试验原理

根据传热学傅里叶定律^[9],可得以下公式:

$$q_1 = k(T_1 - T_2) / \Delta L \quad (1)$$

式中: q_1 ——傅里叶定律中的熔体-型腔对流传热通量;

k ——模具热导率;

T_1 ——第 1 点温度;

T_2 ——第 2 点温度;

ΔL ——1,2 两点之间的距离。

根据牛顿冷却定律,熔体-型腔对流传热通量用对流传热系数表示为:

$$q_2 = h(T_b - T_w) \quad (2)$$

式中: q_2 ——牛顿冷却定律中的熔体-型腔对流传热通量;

h ——对流传热系数;

T_b ——熔体温度;

T_w ——腔壁温度。

设测试 T_1 的第1个点与腔壁的距离为 L_1 , 测试 T_2 的第2个点与腔壁的距离为 L_2 , 令 $L_2=2L_1$, 则 $T_w=2T_1-T_2$ 。

令 $q_1=q_2$, 可得对流传热系数计算式:

$$h=q_1/(T_b-T_w)=q_1/(T_b-2T_1+T_2) \quad (3)$$

2.2 试验原料

选择流动性较好的 Panlite L-1225L PC 和奇美实业有限公司的 PG-33 聚苯乙烯 (PS) 两种材料进行试验, 两种材料相关参数如表 2 所示。

表 2 PC 和 PS 材料相关参数

材料	牌号	$C_p/[J \cdot (kg \cdot ^\circ C)^{-1}]$	$k/[W \cdot (m \cdot K)^{-1}]$	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$
PC	Panlite L-1225L	1 762	0.24	0.83
PS	PG-33	2 100	0.18	0.93

注: 表中 C_p 为比热容, k 为热导率, ρ 为密度。

2.3 试验设备

选用英国马尔文仪器有限公司的 Rosand RH10 型立式毛细管流变仪, 如图 3a 所示, 流变仪最大载荷 100 kN, 最大速度 1 200 mm/min, 料筒直径为 19 mm, 长度为 290 mm。表面热电偶型号为江海牌 WRE-01 型, 测温范围 0~400℃, 热响应时间小于 0.5 s。

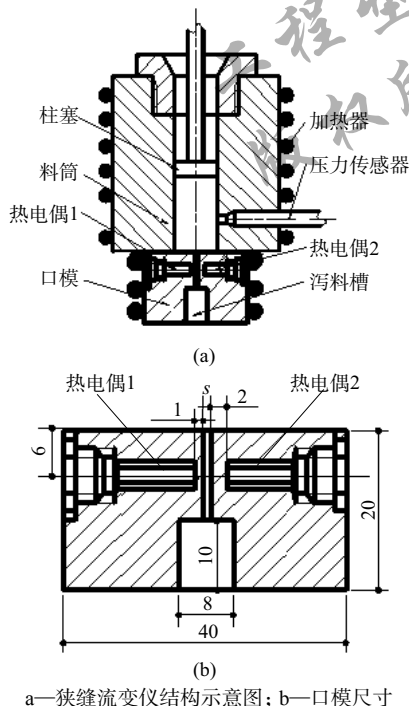


图 3 狭缝流变仪示意图

自制狭缝口模, 以其狭缝的厚度来表示实际的型腔厚度, 其材料为 4Cr13, 热导率为 29 W/(m·K), 口模采用电热线圈加热。口模外形尺寸为 40 mm×40 mm×20 mm, 口模狭缝长度 (深度) 为 10 mm, 宽度为 10 mm, 厚度 s 分别为 0.3, 0.4,

0.5, 0.6 mm。距离狭缝上端入口下方 5 mm 处, 左侧安装热电偶 1 (测量温度为 T_1), 距离狭缝左壁面处 1 mm (L_1), 右侧安装热电偶 2 (测量温度为 T_2), 距离狭缝右壁面处 2 mm, 狭缝底部设计 8 mm 宽、10 mm 长的泻料槽, 具体尺寸如图 3b 所示。

2.4 试验方法

针对超薄成型熔体充模速率高、型腔厚度小的特点, 着重对 PC 和 PS 材料在不同熔体流速 (即注射速度)、不同狭缝厚度 (即型腔厚度) 口模中的对流传热系数进行测试。试验开始时, 首先将 PC 和 PS 加热至其加工温度, PC 温度设为 310℃, PS 温度设为 250℃, 相应口模由电热线圈分别加热至 110℃和 45℃, 待热电偶温度稳定后, 采用不同的熔体流动速率注射, 从热电偶采集温度数据。

2.5 试验数据处理 (以 PC 为例)

试验过程中, 测得口模温度随时间变化曲线如图 4 所示。再根据式 (1), 计算得到模具 (口模)-型腔 (狭缝) 热通量曲线, 如图 5 所示。

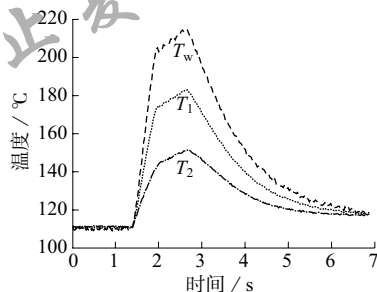


图 4 口模温度随时间变化曲线

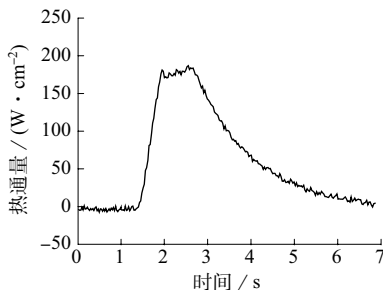


图 5 热通量曲线

由图 4、图 5 可知, 由于口模由外及内加热, 初始阶段 0~1.3 s 时 T_2 略大于 T_1 , 热通量为负值, 1.3~3.0 s 时, 高温熔体开始注射, T_1 , T_2 迅速上升且 T_1 大于 T_2 , 此时热通量迅速上升, 当在 3.0 s 时流变仪停止注射, T_1 , T_2 迅速回落, 热通量迅速下降。在 2.0 s~2.7 s 之间, T_1 , T_2 之间的温度差基本相等, 表明口模在此时间段传热均匀平稳, 提取该时间段温度 T_1 , T_2 代入 $T_w=2T_1-T_2$ 计算 T_w , 提取该区间热通量 q_1 代入式 (3) 计算熔体-型腔对流传热系数并

求其平均值作为最终结果,如图6所示。

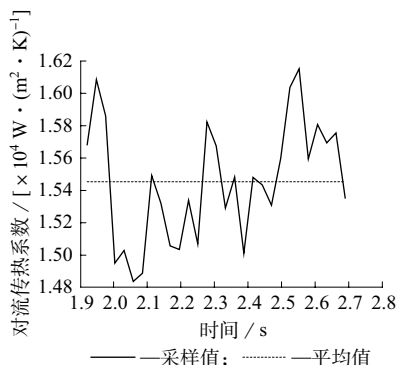


图6 计算得到的熔体-型腔对流传热系数

3 熔体-型腔对流传热系数的影响因素研究

按照上述试验步骤,首先选用狭缝厚度为0.5 mm的口模,入口处的熔体流速即注射速度分别取300,500,700,900,1100 mm/s,对Panlite L-1225L PC ($T_b=310\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_w=110\text{ }^{\circ}\text{C}$)及PG-33 PS ($T_b=250\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_w=45\text{ }^{\circ}\text{C}$)两种材料逐次试验,测得PC, PS两种聚合物的熔体-型腔对流传热系数与注射速度的关系曲线,如图7所示。从图7可以看出,PC, PS的熔体-型腔对流传热系数与注射速度呈近似线性关系,随注射速度的提高而逐渐增大。但由于PC, PS的黏度、密度和热导率等特性不同,两种材料的对流传热系数也略有差异。

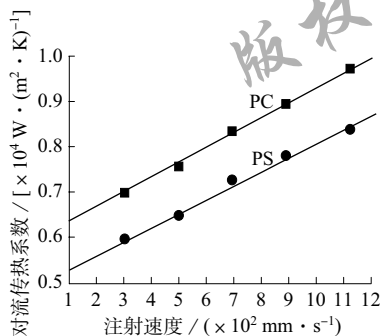


图7 对流传热系数与注射速度的关系

然后保持注射速度700 mm/s不变,选用狭缝厚度为0.3,0.4,0.5,0.6 mm的口模进行试验,测得PC, PS两种聚合物的熔体-型腔对流传热系数与口模狭缝厚度关系如图8所示。从图8可知,PC, PS的熔体-型腔对流传热系数随狭缝厚度减小均明显增大,其增幅可通过数据拟合成指数关系。这是由于在相同的熔体温度、口模温度下,狭缝厚度越小,熔体在壁面处的温度梯度增大,根据傅里叶定律其散热速度越快,故传热系数随之增大。

对狭缝厚度为0.3,0.4,0.5,0.6 mm的口模,分别采用500,700,900,1100 mm/s的注射速度进行

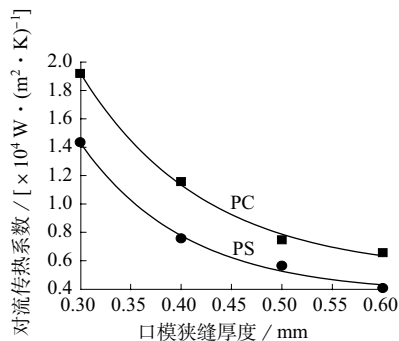
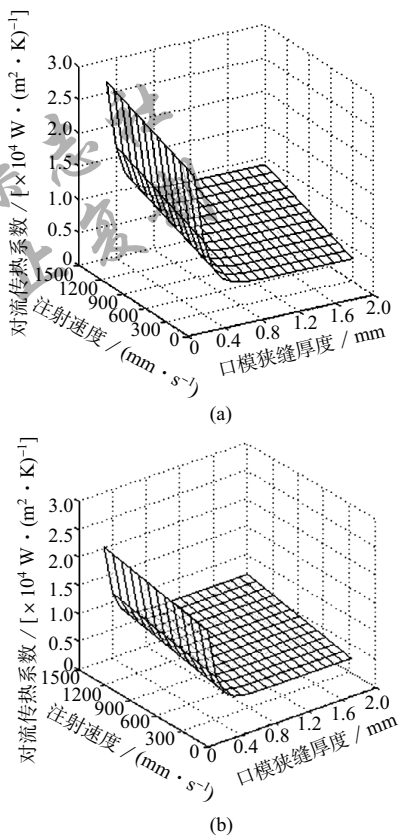


图8 对流传热系数与口模狭缝厚度的关系

试验,将数据结果拟合^[10-11],得到PC, PS的熔体-型腔对流传热系数与注射速度和口模狭缝厚度关系曲面图,如图9所示。



a—PC ; b—PS

图9 对流传热系数与注射速度和口模狭缝厚度关系曲面图

从图9可知,熔体-型腔对流传热系数与注射速度成正比线性关系,由于超薄注塑为高速高压注塑,注射速度对熔体-型腔对流传热系数的影响应该予以考虑;更为甚者,熔体-型腔对流传热系数与口模狭缝厚度成反比指数关系,尤其是当狭缝厚度大约小于1 mm时,其值呈指数级增大,超薄塑件厚度一般在0.1 mm数量级,型腔的厚度对熔体-型腔对流传热系数影响必须予以考虑。

4 实验验证

为了验证上述所得的熔体-型腔对流传热系数与注射速度和型腔厚度的关系曲线是否准确,设计验证实验所用的样件^[12-13]及其浇注系统尺寸如图10所示,样件厚度 t 分别为0.3、0.6、1.0 mm。

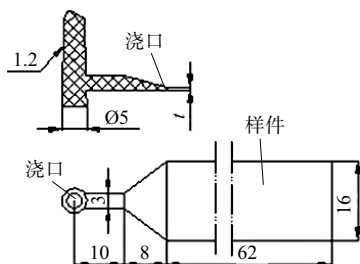


图10 实验样件及其浇注系统几何尺寸

注塑材料选择 Panlite L-1225L PC, 注塑机选用东洋的 SI-80IV 型高速注塑机, 实验工艺参数参见表1。设置注射速度分别为300、400、500、600、700 mm/s, 将每次注塑时测得的最大注塑压力值与模拟结果相比较, 如图11所示。其中模拟过程基于 Moldflow2012, 熔体-型腔对流传热系数分别采用计算值 h_j (即由图9的关系曲面计算得到) 与传统缺省值 h_c [$h_c=5000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]。

从图11可知, 熔体-型腔对流传热系数取计算值时, 模拟结果与实验结果均较吻合, 而熔体-型腔对流传热系数取传统缺省值时, 与实验结果均有较大偏差, 尤其随着样件厚度的减小及注射速度的增大, 其偏差越来越明显。当样件厚度为0.3 mm、注射速度为300 mm/s时, 实验测得的最大注塑压力值与取传统缺省值模拟而得到的值相差33.2 MPa, 注射速度为700 mm/s时, 两者相差48.8 MPa; 随着样件厚度的增大及注射速度的减小, 两者的差异越来越小, 如当样件厚度为0.6 mm、注射速度为700 mm/s时, 两者相差15.2 MPa, 注射速度为300 mm/s时, 两者相差7.6 MPa; 当样件厚度为1.0 mm、注射速度为700 mm/s时, 两者相差5.7 MPa, 注射速度为300 mm/s时, 两者相差2.6 MPa。

从实验结果与模拟结果对比可知, 熔体-型腔对流传热系数并非常数, 其值受塑件厚度与注射速度的影响, 尤其当塑件的厚度小于0.1 mm时, 其值变化非常明显, 又由于超薄塑件本身所含热量少, 所以其对超薄注塑过程的影响极其显著。但当塑件厚度较大时, 对流传热系数的变化幅度较小, 且塑件本身所含热量较多, 所以其对普通注塑过程的影响不明显。

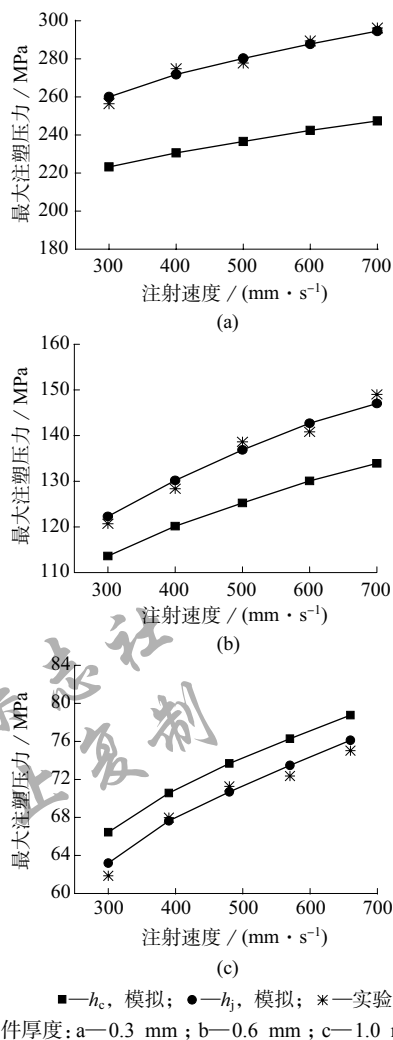


图11 不同对流传热系数下最大注塑压力模拟结果与实验结果对比

5 结论

(1) 在超薄注射成型中, 熔体-型腔对流传热系数对数值分析的结果影响非常显著, 且采用传统缺省值模拟时与实际注塑时获得的结果有较大的偏差。

(2) 熔体-型腔对流传热系数并非定值, 与注射速度和型腔厚度均有较密切关系, 且与注射速度成正比线性关系, 而与型腔厚度成反比指数关系。

(3) 通过实际注塑实验, 验证了所得到的熔体-型腔对流传热系数与注射速度和型腔厚度的关系曲线较为准确, 采用由该关系曲线计算得到的对流传热系数, 在超薄注塑模拟中更能准确、可靠地反映实际生产情况。

参考文献

- [1] 宋满仓, 刘柱, 于同敏, 等. 超薄塑件注塑成形特性的试验研究与数值模拟. [J] 机械工程学报, 2008, 44(8): 148-151.
Song Mancang, Liu Zhu, Yu Tongmin, et al. Experiment research

- and numerical simulation of injection molding characteristics for ultra-thin wall plastic parts[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(8):148-151.
- [2] Ghajar M, Darabi J. Evaporative heat transfer analysis of a micro loop heat pipe with rectangular grooves[J]. International Journal of Thermal Sciences, 2014, 79(5):51-59.
- [3] Farahani S D, Kowsary F, Jamali J. Direct estimation of local convective boiling heat transfer coefficient in mini-channel by using conjugated gradient method with adjoint equation[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2014, 55:1-7.
- [4] Ainoya K, Amano O. Accuracy of filling analysis program [C]//SPE / ANTEC conference proceedings. Texas: The Chemical Rubber Company Press, 2001:726-735.
- [5] 庄俭. 微注塑成型充模流动理论与工艺试验研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2007.
- Zhuang Jian. Research on filling flow theory and processing experiment in micro injection molding[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.
- [6] 于敏, 徐华, 田慧卿, 等. 微注塑成型充模流动中的对流传热行为 [J]. 化工学报, 2011, 62(7):1 824-1 830.
- Yu Tongmin, Xu Hua, Tian Huiqing, et al. Convective heat transfer behavior of filling flow in micro injection molding[J]. CIESC Journal, 2011, 62(7):1 824-1 830.
- [7] 李爽, 王利霞, 李倩, 等. 微注塑薄壁制品可成型性及充填过程中的流动现象分析 [J]. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(4):109-112.
- Li Shuang, Wang Lixia, Li Qian, et al. Analysis of molding ability of the micro thin wall parts and some flow phenomenon in filling stage of micro injection molding[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2013, 29(4):109-112.
- [8] 阮育煌, 王雄才, 丁欢欢, 等. 导光板成型的数值模拟与优化设计 [J]. 模具工业, 2013, 39(5):48-50.
- Ruan Yuhuang, Wang Xiongcai, Ding Huanhuan, et al. Numerical simulation and optimization for guide-light-plate moulding[J]. Die & Mould Industry, 2013, 39(5):48-50.
- [9] 吴其晔, 巫静安. 高分子材料流变学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- Wu Qiye, Wu Jingan. Polymer rheology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.
- [10] 孙永厚, 肖威, 黄美发, 等. 基于移动最小二乘法的渐开线齿轮齿廓曲线拟合方法 [J]. 中国机械工程, 2014, 25(22):3 017-3 021.
- Sun Yonghou, Xiao Wei, Huang Meifa, et al. Fitting method of tooth profile curve for involute cylindrical gears based on MLS[J]. China Mechanical Engineering, 2014, 25(22):3 017-3 021.
- [11] 张德丰. MATLAB 数值分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- Zhang Defeng. MATLAB numerical analysis[M]. Beijing: China Machine Press, 2012.
- [12] 徐征, 王继章, 吕治斌, 等. 工艺参数对平板微小器件注塑翘曲的影响 [J]. 光学精密工程, 2013, 21(7):1 825-1 830.
- Xu Zhen, Wang Jizhan, Lü Zhibin, et al. Effect of processing parameters on micro-mini parts in injection[J]. Optics and Precision Engineering, 2011, 21(7):1 825-1 830.
- [13] 李晓建. 导光板的设计及制作方法研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2009.
- Li Xiaojian. Research on design and fabrication of light guide plate[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2009.

改性塑料材料开发商帝源新材申请新三板挂牌上市

深圳市帝源新材料科技股份有限公司于近期正式申请新三板挂牌。资料显示,帝源新材成立于2007年,于2015年12月完成股改。

帝源新材是一家从事改性塑料开发和生产的企业。公司主要产品包括阻燃料、耐候料、增强增韧料和环保耐用料等系列产品,应用于电线电缆、电子电气、家用电器等领域。

帝源新材生产的改性塑料产品,从下游应用领域可分为通信数据电缆料、汽车电线料、电源线、建筑安装线和电子线材及特殊用途电线料等,从产品性质可分为阻燃料、耐候料、增强增韧料、环保耐用料等,公司生产的不同性质产品往往可同时应用于几个领域或同时满足耐热性、绝缘性、耐候性、柔韧性、耐寒性等一项或几项特殊性能。(慧聪网)

全生物基 PET 树脂项目开始试生产

美国纽约州珍珠河的 Anellotech Inc 公司开始启动一个试验工厂,有望带来完全生物基 PET 树脂。该公司和合作伙伴们在同一个反应器里用生物质制造了对二甲苯等芳烃产品(其衍生的对苯二甲酸是 PET 的关键原料),而不必采用传统的需要大量氢气的高成本、多步骤的热解方法。

催化剂生产商庄信万丰是其合作伙伴之一。另一个合作伙伴是日本的跨国饮料生产商三得利集团。三得利希望将其饮料包装做到 100% 生物基,目前做到了 30% 植物基,三得利表示,对 Anellotech 开发和商业化可持续的和具有成本效益的生物基芳烃制造方法有信心。

Anellotech 总裁兼首席执行官 David Sudolsky 指出,其工艺还可能为尼龙、聚碳酸酯等塑料材料的生产提供生物基原料。(中塑在线)

甘肃雨禾节水灌溉塑料制品生产线进展顺利

甘肃雨禾年产 5 万 t 高效节水灌溉塑料制品生产线项目于 2015 年 3 月开工建设,总投资 1.6 亿元。目前,一期 6 条聚氯乙烯高效节水灌溉设备生产线、5 条聚乙烯高效节水灌溉设备生产线、3 条内镶贴片式滴灌带设备生产线,3 条注塑机生产线已建成投用,实现销售收入 5 140 万元。二期工程将新建 3 条高密度聚乙烯双壁波纹管设备生产线和 3 条钢丝网骨架聚乙烯管生产线,目前正在进行前期工作,计划今年 3 月开工建设,10 月底前建成投产。三期兰州公司搬迁项目计划 2017 年上半年完成。项目全部投产后,年可实现销售收入 7 亿元。(武威日报)