

进料方向对共注塑中芯层熔体前沿冲破的影响

王涛 傅建周 盛彭必友

(西华大学材料科学与工程学院,成都 610039)

摘要 通过对矩形板试样顺序共注射成型过程的数值模拟分析,揭示了进料方向对芯层熔体前沿冲破趋势的影响;建立了预测前沿冲破趋势的数学公式,并探讨产生前沿冲破的原因。结果表明,当长宽比较大时,沿长度方向进料可显著且稳定地防止芯层熔体冲破;当长宽比较小时,沿宽度方向进料可显著地防止芯层熔体冲破;冲破界面速度、方向及其单位截面积中熔体流动速率的改变是沿不同方向进料时有不同冲破趋势的主要原因。

关键词 顺序共注射成型 芯层熔体前沿冲破 数值模拟

随着科学技术的发展,传统的注塑工艺已难以适应塑料制品向高性能和多功能方向发展的需要,从而涌现出许多新型注射工艺,顺序共注射模塑就是其中的一种新型注射工艺^[1-7]。

芯层熔体前沿冲破是指在顺序共注射成型过程中,芯层熔体前沿赶上并超过壳层熔体前沿,使得芯层材料暴露在壳层之外,从而造成产品报废的现象。人们既希望避免这种前沿冲破现象的发生,同时又希望尽可能多地填充芯层材料,以获得满足某种使用要求且成本低廉的塑料制件^[4-7]。利用数值模拟软件分析顺序共注射成型过程中壳层和芯层熔体的流动过程及其特点,对于研究前沿冲破现象,掌握共注射成型产品质量控制因素具有一定的现实意义^[1-5]。笔者以矩形板制件为对象,利用 Moldflow 软件模拟进料方向对芯层熔体前沿冲破趋势的影响,并建立了预测前沿冲破趋势的数学公式。

1 实验条件

以矩形板制件为实验对象,其外观及浇口位置见图1。其中,板厚 z 恒定为5 mm,长度 x 和宽度 y 设为变量,浇口位置分别选取在宽厚面的几何中心A点处及长厚面的几何中心B点处。

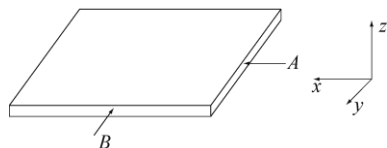


图1 矩形板制件及浇口位置

顺序共注射的壳层材料选用 GE Plastic 公司的 ABS(Cylolac CTB 3530),芯层材料选用 BP Chemicals 公司的 PP(BP Amoco 10-1046)。在熔体温度 217°C 、剪切速率 103 s^{-1} 条件下,二者的粘度分别为 $204.0\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 和 $103.2\text{ Pa}\cdot\text{s}$,芯层与壳层粘度比为0.506。两种材料的成型工艺参数列于表1。

表1 两种材料的成型工艺参数

材料	模具温度/ $^{\circ}\text{C}$	熔体温度/ $^{\circ}\text{C}$	充模速率/ $\text{mm}^3\cdot\text{s}^{-1}$	物料切换 ¹⁾ / %
壳层 ABS	57	217	70 000	35
芯层 PP		217	70 000	95

注:1) 指当模腔内的熔体总量(用体积分数表示)达到标定值时,开始注射另一种材料。

本实验采用的衡量芯层熔体前沿冲破趋势大小的物理量为:当前沿冲破现象发生时,芯层体积占注塑件芯层总体积的百分比(N)^[8]。即:

$$N = \frac{V_{\text{melt}} - 0.35}{0.95 - 0.35} \times 100\% \quad (1)$$

式中: V_{melt} ——发生芯层熔体冲破时,已注入模腔的熔体总量(用体积分数表示)。

模腔固定时, N 值越大,表明芯层熔体冲破的可能性越小。

2 沿不同方向进料时芯层熔体的冲破趋势

对不同长宽尺寸及比例的制件,分别沿图1中A、B点进料。图2示出不同宽度条件下沿不同方向进料时芯层熔体的冲破趋势。图2中同一条曲线上点划线左、右两侧分别为从矩形制件的宽度方向A点、长度方向B点处进浇。

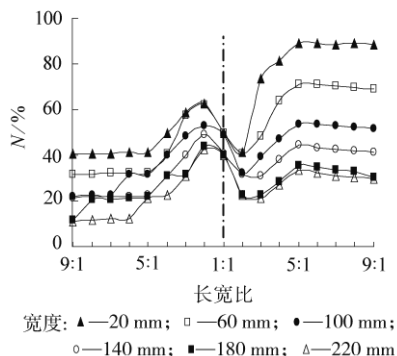


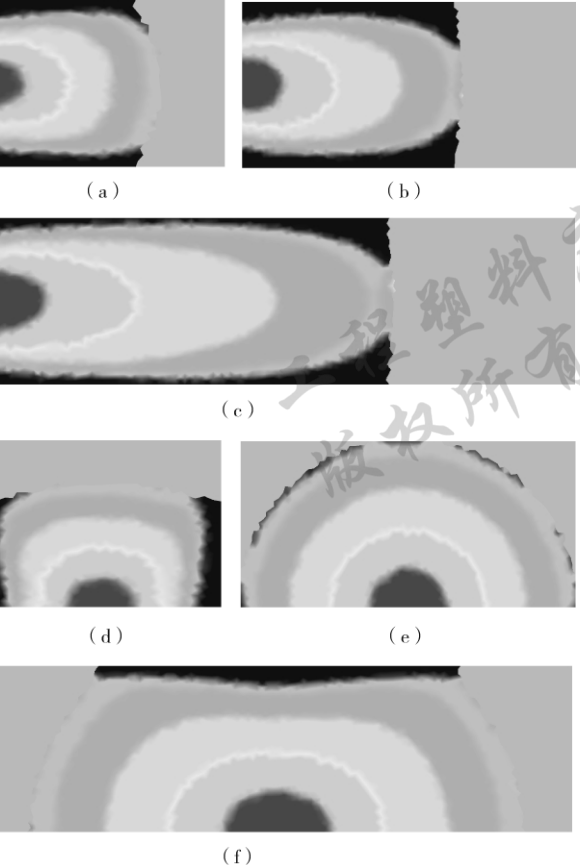
图2 不同宽度条件下沿不同方向进料时芯层熔体的冲破趋势

由图 2 可知,当长宽比较大时,沿长度方向进料时的 N 值较大;尤其是长宽比大于一定值(5:1)后, N 值较大且稳定;在长宽比较小(2:1 附近)时,沿宽度方向进料时的 N 值较大;长宽比固定时,宽度越小, N 值越大。

3 芯层熔体冲破趋势的原因探讨

3.1 长宽比较小时

熔体进入模腔后呈扇形流动,流动空间小的方向阻力较大,因而芯层熔体产生如图 3 所示的不同冲破趋势。图 3a~图 3f 分别为在相同宽度的一系列矩形板中,沿长度、宽度方向进料时,模腔中芯层熔体前沿冲破的瞬间。



a、b、c—沿长度方向进料,长宽比分别为 1:1、2:1、3:1;
d、e、f—沿宽度方向进料,长宽比分别为 1:1、2:1、3:1

图 3 不同进料方向下的芯层熔体冲破瞬间

由图 3 可看出,当长宽比为 1:1 和 2:1 时,芯层熔体前沿均沿进料方向冲破。

这是因为当长宽比较小且沿长度方向进料时,芯层熔体受到垂直于进料方向(宽度方向)上的阻力大于进料方向(长度方向)。沿垂直于进料方向流动的熔体在阻力作用下逐渐将流动方向转换到进料方向,导致芯层熔体容易沿进料方向冲破。

当长宽比较小且沿宽度方向进料时,芯层熔体受到垂直于进料方向(长度方向)上的阻力大于进料方向(宽度方向),但随着长宽比的增大,芯层熔体受到垂直于进料方向上的阻力逐渐减小,芯层熔体受到进料方向上的阻力逐渐增大。长宽比为 2:1 时,二者的差距已经很小,出现了沿各个方向冲破的趋势。

由图 3 可知,冲破趋势的大小为: $e < d = a < b$,即在长宽比较小时,沿宽度方向进料较沿长度方向所得 N 值大。

3.2 长宽比较大时

3.2.1 预测前沿冲破的数学表达式

由图 3 可知,沿长度方向进料时,冲破界面稳定。此时,假设在长度方向上熔体前沿平面推进,其表面积近似等于垂直于长度方向的矩形板截面积。由此,可建立芯层熔体从开始注射到发生前沿冲破时的数学表达式:

$$S_{skin} + S_0 = S_{core} \tag{2}$$

$$S_{skin} = \bar{v}_{skin} t \tag{3}$$

$$\bar{v}_{skin} = Q_{ABS} / A_{yz} \tag{4}$$

$$S_0 = 0.35 V_{flat} / A_{yz} \tag{5}$$

$$S_{core} = \bar{v}_{core} t \tag{6}$$

$$t = 0.60 V_{flat} N / Q_{PP} \tag{7}$$

式中: S_{skin} 、 S_{core} ——在时间 t 内,壳层熔体前沿和芯层熔体前沿分别沿长度方向推进的距离, mm;

$\bar{v}_{skin}$ 、 $\bar{v}_{core}$ ——在时间 t 内,壳层熔体和芯层熔体前沿沿长度方向推进的平均速度, mm/s;

S_0 ——壳、芯物料切换时,壳层熔体前沿到浇口位置的距离, mm;

t ——芯层熔体开始注射到发生前沿冲破所需时间, s;

Q_{ABS} 、 Q_{PP} ——分别为壳、芯层熔体的充模速率, mm^3/s ;

V_{flat} ——矩形板总体积, mm^3 ;

A_{yz} ——垂直于长度方向的矩形板截面积, mm^2 。

由于壳、芯熔体充模速率相等(见表 1),因此,令 $Q = Q_{ABS} = Q_{PP}$,综合(2)~(7)式,化简得:

$$N = 0.35 Q / [0.60 (\bar{v}_{core} A_{yz} - Q)] \tag{8}$$

式(8)中 N 是与 A_{yz} 、 $\bar{v}_{core}$ 和 Q 相关的函数。因 $\bar{v}_{core}$

$= S_{\text{core}}/t$, 而 S_{core} 和 t 可以通过模拟结果获得; 加之 Q 和 A_{yz} 已知, 所以可利用式(8) 计算 N 值。

图4 展示了沿长度方向进料时, 基于数值模拟的 N 值与根据式(8) 计算所得的 N 值的对比。

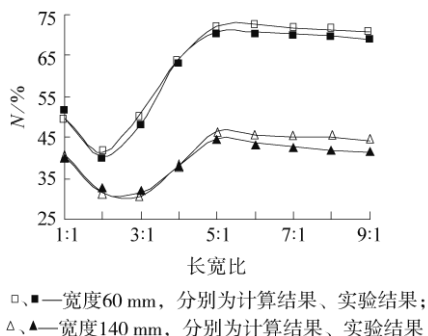


图4 计算结果与数值模拟结果的对比

由图4 可见, 计算数据与数值模拟数据的吻合程度较高。随着宽度减小, A_{yz} 减小, 由公式(8) 可知 N 值增大。这与图2 反映的长宽比固定时, 宽度越小, N 值越大的实验结果吻合。

3.2.2 冲破趋势的探讨

当长宽比大于2:1 后, 沿长度、宽度方向进料时的冲破界面均稳定(见图3c、3f), 可根据式(8) 进行探讨。沿长度方向进料时, 始终只有一个与进料方向相同的冲破界面, 熔体流动速率为 Q 。沿宽度方向进料时, 芯层熔体受到的来自宽度方向(进料方向)上的阻力大于长度方向(垂直于进料方向), 导致芯层熔体从长度方向上冲破。此时会沿着长度方向产生两个方向相反的冲破界面。对于每一个界面, 其熔体流动速率为 $Q/2$ 。

由上述及式(8) 可知, 当长宽比较大时, 沿长度方向进料时的 N 值比沿宽度方向进料时大; 当长宽比大于某值(5:1) 后, 壳层熔体阻力对芯层熔体速度的影响趋于稳定, 则 $\bar{v}_{\text{core}}$ 稳定, 而 Q 和 A_{yz} 也固定, 从而使得 N 值趋于稳定。

4 结论

(1) 在矩形板顺序共注射成型过程中, 当长宽比较大时, 沿长度方向进料可以显著地防止芯层熔体冲破发生; 当长宽比大于某值(5:1) 后, 沿长度方向进料的冲破趋势小且稳定; 当长宽比较小(2:1 附近) 时, 沿宽度方向进料将显著地防止芯层熔体冲破的发生。

(2) 冲破界面速度、方向及其单位截面积中熔体流率的改变是沿不同方向进料时有不同冲破趋势的主要原因。

(3) 笔者建立的预测前沿冲破的数学表达式还有待实践进一步检验。

参考文献

- [1] 钟序光, 孙懋, 张效迅, 等. 共注成型芯层熔体前沿突破研究[J]. 工程塑料应用, 2003, 31(12): 21-26.
- [2] 张孝迅, 周国发, 孙懋, 等. 顺序共注成型芯层熔体前沿突破的数值模拟研究[J]. 中国塑料, 2003, 17(8): 46-52.
- [3] 周国发, 孙懋, 柳和生, 等. 顺序共注成型的实验研究[J]. 中国塑料, 2003, 17(4): 53-56.
- [4] 周国发, 柳和生, 何成宏, 等. 共注成型芯壳层熔体粘度对芯壳层界面和移动前沿形貌的影响[J]. 复合材料学报, 2004, 21(4): 24-28.
- [5] Lanvers A, Galuschka S, Tietz W. Injection moulding made transparent new developments in process simulation[C] // 16th Colloquium of the German Institute of Rubber Processing (IKV). Aachen: The German Institute of Rubber Processing, 1992: 6-12.
- [6] Selden R. Co-injection molding: Effect of processing on material distribution and mechanical properties of a sandwich molded plate[J]. Polymer Engineering and Science, 2000, 40(5): 1165-1176.
- [7] Mark Parsons, Paul Toyoda. Co-injection molding of PVC with other thermoplastics: Processing, properties and applications[J]. Journal of Vinyl & Additive Technology, 2002, 8(3): 202-208.
- [8] 钱欣, 周珏. 夹芯注塑充模过程的计算机可视化模拟分析——制品形状和浇口位置对芯层熔体前缘冲破的影响[J]. 塑料工业, 2004, 32(7): 26-29.

EFFECTS OF FEEDING ORIENTATION ON CORE-MELT BREAKTHROUGH IN SEQUENTIAL CO-INJECTION

Wang Tao, Fu Jian, Zhou Sheng, Peng Biyou

(School of Materials Science and Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

ABSTRACT Through the numerical simulation experiment, the effect rule of the feeding orientation of rectangle plate on the core-melt breakthrough was revealed, a mathematic formula which reflected this rule was created and the reasons for core-melt breakthrough were discussed. The experiment data indicated that when aspect ratio was high, feeding along length orientation prevented breakthrough obviously and stably, while aspect ratio was low, feeding along width orientation did obviously. The reason of above phenomena was the changing of velocity, orientation and melt rate in unit cross-sectional area of breakthrough interface.

KEYWORDS sequential co-injection molding, core-melt breakthrough, numerical simulation