

聚苯乙烯对金属液充型过程的影响^①

魏尊杰 安阁英

(哈尔滨工业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150001)

摘 要 对聚苯乙烯模样性能对金属液充填消失模过程的影响进行了数值模拟, 结果表明: 模样性能显著影响金属液充型过程的温度场及充型能力, 随模样密度或气化潜热增加, 金属液充型过程中温度降增加, 充型能力下降, 采用低气化潜热、低密度、低发气性聚苯乙烯模样有利于提高金属液的充型能力。最后确定了国产聚苯乙烯珠粒研制开发方向。

关键词 聚苯乙烯 消失模 数值模拟

中图法分类号 TG249.6

干砂消失模铸造不同于传统湿砂型铸造, 金属液充型过程中包含着多种物理化学现象, 如传热、传质(导)、流体流动、化学反应等, 使得金属液的充型过程比传统的湿砂型铸造更加复杂。研究表明^[1, 2], 充型时在金属液流端部与聚苯乙烯之间存在一个间隙, 其中充满模样分解产物, 并与金属液之间相互作用, 导致金属液的流动形态、温度分布规律、充型能力以及铸件缺陷的产生等完全不同于传统的湿砂型铸造工艺。聚苯乙烯模样性能是影响这一过程的最重要因素, 尤其对于薄壁复杂铸件, 如果模样性能不合适, 金属液充填能力很低, 很难保证得到轮廓清晰完整的铸件。目前国内外关于模样性能对金属液充型过程影响的研究还很少, 不利于研制开发国产高性能铸造用聚苯乙烯珠粒。本文采用数值模拟技术, 研究了模样性能对金属液充填平板件时的温度场及金属液充填长度的影响规律, 确定了国产消失模用聚苯乙烯珠粒的研制开发方向。

1 模样对金属液充型过程温度场影响的数值模拟

1.1 充型过程传热数学模型及求解条件

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

由于金属液充型时间很短, 且采用保温材料, 因此砂型温度变化对金属液充型过程温度场的影响可以忽略。金属液与铸型之间的换热热阻表达式如下:

$$R = \frac{x_c}{\lambda_c} + \frac{\sqrt{\pi t}}{\sqrt{(\rho_p \lambda)_m}} \quad (2)$$

式中 x_c , λ_c 分别为涂料层厚度与导热系数, $(\rho_p \lambda)_m$ 为铸型参数。

金属液向前充型时自由表面要不断消耗热量使模样气化分解, 这样金属液才能不断向前充填。本文用一个有效对流换热系数(α_p)来综合反映金属液与模样之间的热交换。

计算金属液充型过程温度场, 必须确定金属液充型时的形态, 因此需要同步计算金属液充型时的流场, 本文采用体积函数法(SOLA-VOF)^[3]处理金属液自由表面。

数值计算过程中, 首先计算出当前时刻速度场, 然后由传热方程及边界条件计算出温度场, 并对金属液物性参数进行调整, 然后进行下一时刻的重复计算, 直到所设定的时刻。

本文计算以 Al-Cu 合金为例, 浇注温度为

① 收稿日期: 1996-12-24; 修回日期: 1997-04-02 魏尊杰, 男, 33岁, 副教授, 博士

750 ℃。

1.2 温度场数值模拟结果

图1是金属液充填用具有不同气化潜热值(Q_p)的聚苯乙烯制成的板状件时的温度场计算结果,所用聚苯乙烯具有相同的密度及发气性。图2是金属液充填用具有不同密度(ρ_p)的聚苯乙烯制成的板状件时的温度场计算结果,所用聚苯乙烯有相同的气化潜热及发气性。

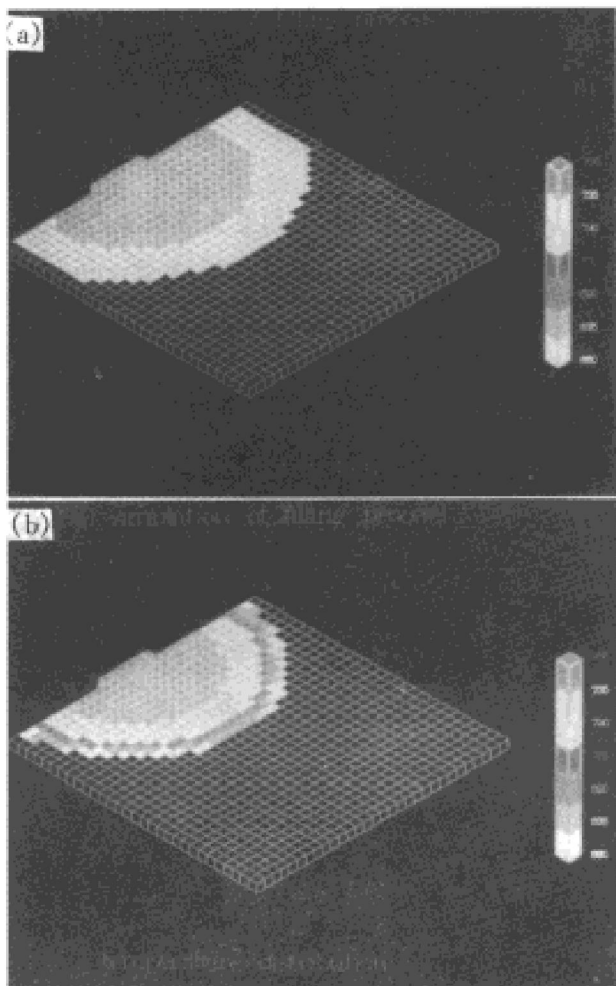


图1 充型过程温度场计算结果($t = 1.358$ s)

Fig. 1 Calculation results of temperature distribution of filling process

(a) $-Q_p = 1.003 \times 10^6$ J/kg; (b) $-Q_p = 4 \times 10^6$ J/kg

从计算结果可以看到,聚苯乙烯模样的气化潜热与密度均显著影响金属液充型过程的温度场,随模样气化潜热或密度增大,金属液温度降很大,并将很快降至液相线温度,不能保证得到完整铸件。采用低气化潜热或低密度聚苯乙烯模样有利于减少金属液充型过程的热量

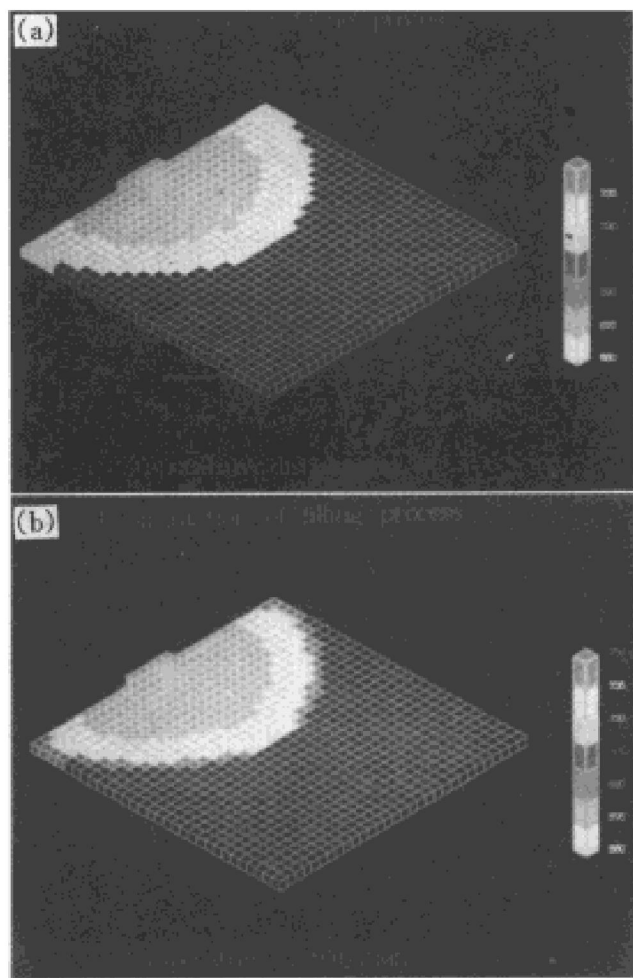


图2 充型过程温度场计算结果($t = 1.358$ s)

Fig. 2 Calculation results of temperature distribution of filling process

(a) $-\rho_p = 12$ kg/m³; (b) $-\rho_p = 30$ kg/m³

损失,提高金属液充型能力。

2 模样对金属液充填长度影响的数值模拟

2.1 金属液充填长度计算式

$$l = \int_0^t v dt \quad (3)$$

式中 v 为金属液充型速度, t 为金属液从浇注到停止流动所用时间。

2.2 金属液停止流动判据^[4]

$$\rho g h - p_{\tau} - k p_{\sigma} - p_g - p_{\text{阻}} \leq 0 \quad (4)$$

式中 p_{τ} 为金属液端部固-液两相区屈服强

度, p_o 为端部凝固壳层抗拉强度, p_g 为气隙压力, $p_{阻}$ 为金属液流程压头损失, k 为修正系数。

2.3 充型长度计算结果

图3, 4, 5 分别是聚苯乙烯气化潜热、发气性及密度对金属液充填长度影响的计算结果。降低聚苯乙烯气化潜热与密度可以减少金属液充填过程温度降; 减少模样发气性, 可以

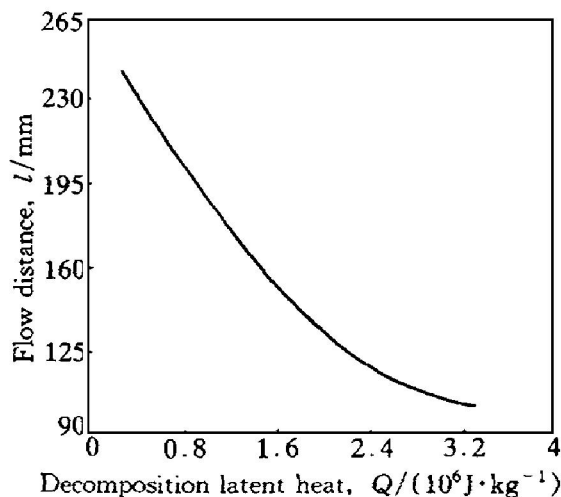


图3 聚苯乙烯气化潜热对金属液充填长度的影响

Fig. 3 Effect of decomposition latent heat of polystyrene on flow distance of molten metal

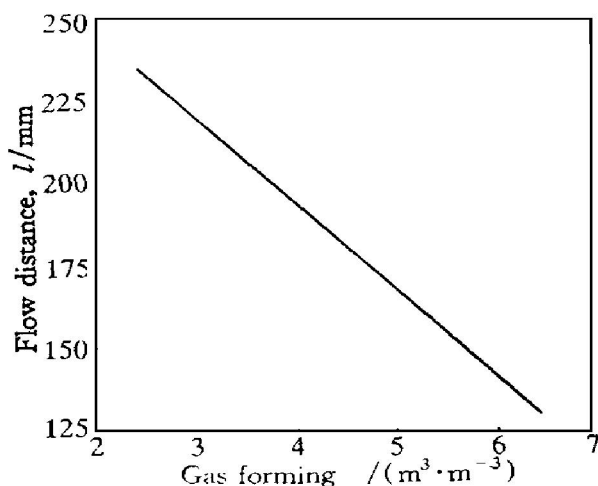


图4 聚苯乙烯发气性对金属液充填长度的影响

Fig. 4 Effect of gas forming of polystyrene on flow distance of molten metal

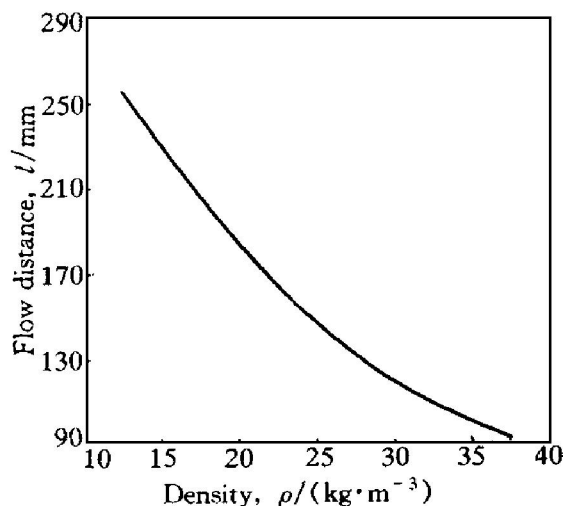


图5 聚苯乙烯密度对金属液充填长度的影响

Fig. 5 Effect of density of polystyrene on flow distance of molten metal

降低气体对金属液充型时的反压作用, 二者均有利于提高金属液的充填能力。

3 国产铸造聚苯乙烯研制方向

上述研究结果表明, 聚苯乙烯模样性能是影响干砂消失模铸造过程的重要因素, 包括气化潜热、发气性及密度。

当聚苯乙烯材质确定以后, 随密度降低, 单位质量模样气化时所消耗的金属液热量以及所产生的气体总量均呈线性减少, 可以显著减少金属液充型时温度降, 提高充填能力。但是另一方面, 随着聚苯乙烯珠粒密度降低, 珠粒中的泡孔大量破裂, 泡孔壁变薄, 使得模样强度及刚度下降, 在使用过程中发生变形甚至破坏, 最终降低铸件尺寸精度。因此实际生产中, 不能采用过分降低模样密度的办法来减少模样气化对金属充型过程的不利影响, 一般要求模样密度大于 0.018 g/cm^3 。

资料表明^[5-10], 国外消失模铸造用聚苯乙烯珠粒具有较低的气化潜热与发气性, 而国内包装行业用的聚苯乙烯珠粒气化潜热则远高于国外聚苯乙烯珠粒。导致这种明显的性能差异, 一个重要原因在于国外消失模用聚苯乙烯

分子量(200 000~ 800 000)远高于国内聚苯乙烯分子量(30 000~ 80 000)。分子量高,则珠粒中泡孔小,预发泡成型时,向泡孔内渗透的蒸气量少,泡孔中压力增加慢,膨胀力均匀,有利于制造密度低、均匀且表面光洁的模样。

综合上述分析,国外消失模用聚苯乙烯具有分子量高、气化潜热低、发气性低等特点,有效地降低了金属液充型时的不利影响;国内包装行业在研制开发国产高性能铸造用聚苯乙烯珠粒时,应以高分子量、低气化潜热、低发气性做为主要方向,在此基础上再提高其膨胀性能,降低预发泡密度,从而可以有效地减少模样气化对金属液充型过程的不利影响。

4 结论

(1) 聚苯乙烯模样性能显著影响金属液充型过程温度场,随模样气化潜热增大或模样密度提高,金属液充型时端部区域温度降显著增加。

(2) 聚苯乙烯模样性能显著影响金属液的充填能力,降低模样密度、气化潜热或发气性

均可以显著提高金属液的充填能力。

(3) 干砂消失模铸造用聚苯乙烯珠粒应具有高分子量、低发气性以及低气化潜热性能特点。

REFERENCES

- 1 Kobayashi T and Kasuya Y. IMONO, 1992, 64 (11): 794– 800.
- 2 Xu Shida(徐世达). Metal Material and Hot Working Technology, 1983, (1): 58– 64.
- 3 Nichols B D and Hirt C W. Los Alamos Scientific Laboratory Report, LA-8355, 1980.
- 4 Wei Zunjie(魏尊杰). Ph Dissertation. Harbin: Harbin Institute of Technology, 1996, 1.
- 5 Tsai H L and Chen T S. AFS Trans, 1988, 96: 881 – 890.
- 6 Srinages K and Narayanan K S. The British Foundryman, 1971, (3): 91– 94.
- 7 Tseng C H E. AFS Trans, 1992, 100: 509– 518.
- 8 Shivkumar S and Gallois B. AFS Trans, 1987, 95: 791– 800.
- 9 Tago S. IMONO, 1987, 59(12): 716– 718.
- 10 Wittmoser A. Modern Casting, 1964, (5): 292– 313.

EFFECT OF POLYSTYRENE MATERIAL ON MOLTEN METAL FILLING PROCESS

Wei Zunjie and An Geying

School of Materials Science and Engineering,

Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, P. R. China

ABSTRACT The influence of the properties of polystyrene pattern on the molten metal filling process in lost foam process was numerically simulated. The simulated results show that the properties of the pattern affected the temperature distribution and the fluid flowability remarkably, the temperature drop of the fluid increases and the fluid flowability decreases as the density or the latent heat of vaporization of the polystyrene pattern increased; it is beneficial to increasing the fluid flowability and obtain a sound casting by using the polystyrene pattern with smaller latent heat of vaporization, smaller density and lower gas forming property. At last the developing direction of domestic polystyrene beads was suggested.

Key words polystyrene lost foam process numerical simulation

(编辑 黄劲松)