

чений фосфидной эвтектики. Причем накопление ликватов идет как в междендритных ячейках совместно с формированием эвтектической составляющей, так и на границах эвтектических зерен, формирование которых заканчивается на последних этапах первичной кристаллизации. Таким образом, включения фосфидной эвтектики зависят от взаимопроникновения дендритной и эвтектической составляющей по границам и вовнутрь эвтектических зерен, если эти зерна включают в свой объем дендрит или даже пакет дендритов первичного аустенита. В таком случае можно предположить значительно меньшее влияние фосфидной эвтектики на механические свойства, когда она находится в междендритных ячейках внутри эвтектических зерен.

При дальнейшем повышении содержания фосфора фосфидная эвтектика образует вокруг эвтектических зерен сплошную сетку, прочностные свойства чугуна значительно возрастают, но металл при этом охрупчивается. Поэтому целесообразным следует считать содержание фосфора, соответствующее первому максимуму (0,20 – 0,35 %).

#### *Литература*

1. Храпковский Э.Я. Структура и прочность тонкостенных отливок из серого чугуна. М.: Машиностроение, 1965. 170 с.

З. Б. Гофман,  
О. Е. Рукавичникова (студ.)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В ЛИТЕЙНЫХ МОДЕЛЯХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Деструкция литейных моделей при заливке песчаной формы алюминиевым сплавом – сложное фазовое превращение вспененного полимера, характеризующееся переходом его из стеклообразного состояния в жидкое и из жидкого – в газообразное. Для полистирола являющегося основой пенополистирола, температура стеклования близка к 80°C. При температурах, близких к указанной, начинается интенсивная усадка пенополистирола, а при температуре 160–170°C он переходит в жидкое состояние.

В лабораторных экспериментах исследовался процесс плавления пенополистирола, при котором скорость плавления определяли по времени плавления образца известной длины, помещенного на нагретую до заданной температуры плиту, от момента контакта образца с плитой до полной потери им исходного состояния. Скорость плавления вычислялась по формуле:

$$V_{\text{пл.}} = \frac{dl}{dt},$$

где  $l$  – длина образца, мм;

$t_{\text{пл.}}$  – время от начала плавления образца, с.

За результат определения скорости принимали среднее арифметическое пяти испытаний. В реальных условиях при заполнении формы жидким металлом модель частично плавится под действием лучистой энергии сплава, непосредственно с ним не контактируя. При этом существенную роль в процессе теплообмена между зеркалом сплава и поверхностью плавления модели играет степень черноты его полного нормального излучения, которая определяется сравнением количества теплоты, поглощенной моделью и переданной излучателем.

При литье вакуумным всасыванием по газифицируемым моделям возникает много неясных вопросов о процессах, происходящих при заполнении формы, газификации и деструкции пенополистирола, его плавления и испарения. Известно, что возникает газовая прослойка между поднимающимся расплавом и пенополистироловой моделью, которая в значительной мере определяет кинетику заполняемости или сгорания пенополистироловой модели. Но конкретных данных по кинетике плавления пенополистирола нет, что затрудняет технические расчеты. Поэтому были проведены эксперименты, целью которых являлось исследование влияния температуры расплава и скорости его подъема в форме на скорость плавления пенополистироловой модели.

Давление расплава на газифицируемую модель имитировалось грузом, помещенным сверху пенополистиролового образца. Эксперимент проводился при температурах 400, 500, 600, 700°C с массой грузов 77,5, 135, 217 г, что соответствовало давлениям 0,006, 0,012 и 0,018 МПа. Опыты дублировались десять раз при каждом давлении и каждой температуре. Согласно полученным данным на рисунке представлена зависимость скорости плавления пенополистироловой модели от температуры поверхности плиты.

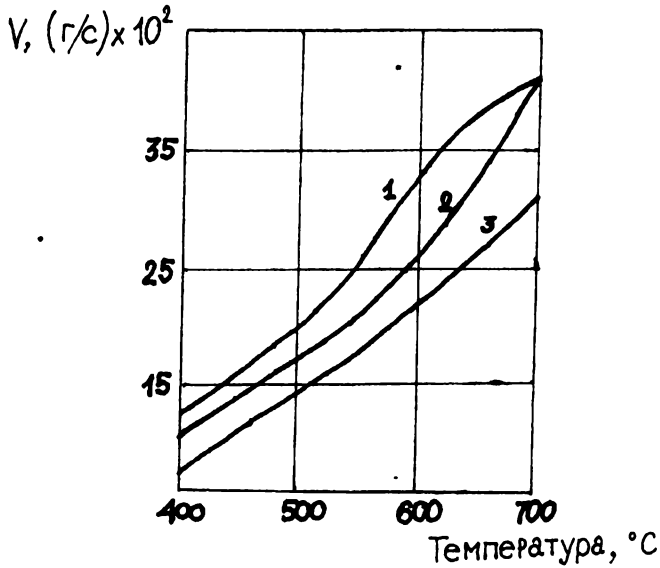


Рис. 1. Зависимость скорости плавления пенополистирола от температуры и давления на образец: 1 – 0,006; 2 – 0,012; 3 – 0,018 МПа.

Скорость плавления пенополистирола увеличивается при повышении температуры плиты. С увеличением давления при температурах 400, 500, 600°С скорость плавления возрастает; при температуре 700°С и давлении 0,012 и 0,018 скорость плавления практически одинакова. Следовательно, при температуре 700°С с увеличением давления от 0,006 до 0,012 МПа скорость плавления увеличивается, а при давлении, больше 0,012 МПа, скорость плавления практически не изменяется. При более низких температурах (400° и 500°С) увеличение давления приводит к незначительному повышению скорости плавления пенополистирола. Для исследования влияния технологических параметров на свойства отливок было проведено математическое моделирование технологических параметров заполнения формы алюминиевым сплавом, определены скорость плавления и деструкция пенополистирола, удалены образовавшиеся продукты газификации модели из зазора между зеркалом поднимающегося сплава и газифицируемой моделью из пенополистирола.

Если принять линейную скорость плавления модели  $V$ , то массовая скорость плавления пенополистирола при этом составит  $Q = V_{ni} \cdot S_{cp} \cdot \rho_n$

В первом приближении для расчета скорости плавления воспользуемся формулой:

$$V_{пл.} = \frac{\frac{L_0(T_M - T_{пл.м.})}{L_M \cdot \rho_n(1+N)} + \frac{\lambda_2(T_M - T_{пл.м.})}{L_M \cdot \rho_n(1+N) \cdot \delta_{жж}}}{1 + \frac{L_0(T_M - T_{пл.м.}) \cdot P_n}{L_M \cdot \delta_n(1+N) \cdot \delta_{жж} \cdot \psi} \cdot \frac{t}{H \cdot m_n}}$$

где  $L_0 = L_n + L_k + \lambda_{жж} / \delta_{жж}$ ;

$L_n = \varepsilon \cdot \sigma (T_M + T_{пл.м.}) (T_M^2 + T_{пл.м.}^2)$ ;

$$N = C_M(T_{пл.м.} - T_0) / L_M; \quad = \sqrt{\frac{6\sigma_{жж}}{P_{жж} \cdot g}}$$

где  $T_M$  - температура зеркала расплава, К;

$T_0$  - начальная температура пенополистирола, К;

$T_{пл.м.}$  - температура плавления модели, К;

$L_M$  - удельная теплота плавления полистирола, Дж/кг;

$\rho_n$  - плотность пенополистирола, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{жж}$  - плотность жидкого пенополистирола, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda_2$  - теплопроводность парогазовой фазы, Вт/(м·К);

$C_M$  - теплопроводность пенополистирола, Дж/(кг·К);

$\sigma_{жж}$  - поверхностное натяжение жидкого пенополистирола, Дж/м<sup>2</sup>.

Скорости плавления модели и деструкции полистирола были рассчитаны по разработанной математической модели и проверены экспериментально с учетом всех технологических параметров, необходимых для расчетов.

Масса испарившегося жидкого полистирола из капли, помещенной на нагретую поверхность, равна

$$g_{исп.} = m_k (1 - \exp(-kt)) \approx m_k kt.$$

Скорость испарения, отнесенная к единице массы испарившегося жидкого полистирола, равна

$$m_u = \frac{1}{m_k} \left( \frac{dg_{исп.}}{dt} \right) = k.$$

Величина  $k$  зависит от температуры поверхности, на которую помещена капля испаряющейся жидкости, и от толщины сфероида. Так как эта зависимость выражена слабо, при постоянной температуре можно принять  $m_u = \text{const}$ .

Масса газа в зазоре изменяется за счет испарения и утечки газа через стенки формы. Пусть к моменту  $t$  на зеркале расплава будет  $g_2$  жидкого полистирола. За время  $dt$  масса испаряющегося полистирола будет равна

$$dg_{усп.} = m_u \cdot g_2 \cdot dt$$

За это же время расплавится следующее количество полистирола:

$$dg_1 = S_\phi \cdot v_n \cdot \rho_n \cdot dt$$

Найдем изменение массы жидкости  $g_2$  на зеркале расплава в зависимости от времени  $dt$ :

$$dg_2 = dg_1 - dg_{усп.}; \quad dg_2 = S_\phi \cdot v_n \cdot \rho_n \cdot dt - m_u \cdot g_2 \cdot dt \quad \text{или}$$

$$\frac{dg_2}{dt} + g_2 \cdot m_u = S_\phi \cdot v_n \cdot \rho_n$$

Скорость испарения  $m_u$  жидкой капли, помещенной на нагретую поверхность, зависит в основном от температуры поверхности плиты, следовательно, при постоянной температуре плиты можно считать скорость испарения также постоянной. Произведя необходимые расчеты, находим массу испарившегося жидкого полистирола:

$$Q_{усп.} = \int_0^t m_u \cdot g_2 \cdot dt = S_\phi \cdot m_u \cdot \rho_n \int_0^t \left[ e^{-m_u t} \left( \int_0^t v_n \cdot e^{m_u t} \cdot dt \right) \right] \cdot dt.$$

Математическое моделирование и проведенные эксперименты позволили создать расчетную методику определения технологических параметров изготовления отливок по газифицируемым моделям из алюминиевых сплавов в песчаных формах при использовании прогрессивного способа литья вакуумным всасыванием.

Г.П. Климова,  
С.Н. Калугина (студ.)

## РУССКАЯ ТРАДИЦИОННАЯ СЕМЕЙНАЯ ОБРЯДОВОСТЬ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Испокон веков почти у всех народов никакое другое событие в жизни человека не отмечалось так торжественно и не сопровождалось таким количеством обрядов, как свадьба. И сегодня свадьба является значительным событием для людей.

Брак заключается навечно, а посему все – и жених с невестой, и родные с обеих сторон – должны были пережить значительность момента. Обряды помогали семьям перестроиться на новую систему взаимоотношений.

Возникает вопрос: как и почему мы начали терять старые и добрые традиции и обычаи?