

При $\Delta t = \frac{300}{GP \cdot \left(\frac{1}{HX^2} + \frac{1}{HY^2} \right)}$ погрешность расчетов не превышает 2%.

Для примера определим шаг по времени для следующих условий: $GP = 250$, $HX = 5$ мм, $HY = 5$ мм и $ПОР = 0,4$.

$$\Delta t = \frac{300 \cdot 0,4}{250 \cdot \left(\frac{1}{0,005^2} + \frac{1}{0,005^2} \right)} = 0,000006 \text{ с.}$$

Хотя шаг по времени очень мал, реализация алгоритма расчетов по методу потоков на современных компьютерах характеризуется вполне приемлемой быстротой счета. Затраты машинного времени на один расчет не превышают 30–60 мин.

Библиографический список

1. Чуркин Б. С., Гофман Э. Б., Карпов В. В. Расчет кинетики плавления пенополистироловой модели в процессе заливки форм сплавом // Прогрессивные технологические процессы и подготовка кадров для литейного производства. Екатеринбург, 2003. С. 93–99.

2. Шуляк В. С., Рыбаков С. Д., Григорян К. А. Производство отливок по газифицируемым моделям. М.: РИЦ МГИУ, 2001. 324 с.

Б. С. Чуркин, А. Б. Чуркин,
В. В. Сапронов, И. А. Бурунова

ОПТИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ ФОРМ АЛЮМИНИЕВЫМИ СПЛАВАМИ ПРИ ЛИТЬЕ ПО ПЕНОПОЛИСТИРОЛОВЫМ МОДЕЛЯМ

При изготовлении отливок литьем по пенополистироловым моделям, как и при любом методе литья, для каждой отливки существует оптимальный диапазон значений скорости заливки формы сплавом, при котором обеспечивается получение качественных отливок.

$$V_{\text{мин}} < V_{\text{опт}} < V_{\text{макс.}}$$

Максимальная скорость заливки $V_{\text{макс}}$ при литье по пенополистироловым моделям определяется процессами формирования зазора между расплавом и моделью, а также накоплением в зазоре фазы жидкого полистирола. Величина зазора между расплавом и моделью DS уменьшается с увеличением скорости заливки. Деструкция пенополистироловой модели при литье алюминиевых сплавов сводится к ее плавлению и испарению жидкого полистирола. Капли жидкого полистирола падают на зеркало расплава и образуют на нем жидкую прослойку. При этом происходит испарение полистирола. Так как объемная скорость испарения полистирола значительно меньше скорости его плавления, происходит накопление жидкого полистирола в зазоре. Толщина жидкого слоя растет тем быстрее, чем больше скорость заливки.

Таким образом, повышение скорости заливки приводит к уменьшению величины зазора и к увеличению в нем толщины жидкого полистирола. При некоторой скорости заливки в процессе заполнения формы сплавом жидкая фаза полностью заполняет зазор. Происходит деформация модели и ее охват расплавом по периферии, что приводит к браку отливок. Эта скорость является максимальной.

Минимальная скорость заливки формы определяется, во-первых, обеспечением заполняемости формы без образования в отливках спаев и недоливов, а во-вторых, возможностью обрушения поверхностных слоев формы, образованной сухим песком без применения связующих. С уменьшением скорости заливки увеличивается зазор между расплавом и моделью. При некотором критическом значении величины зазора происходит обрушение песка внутрь зазора, что приводит к образованию дефектов в отливках.

С целью разработки методики определения максимальной скорости заливки были выполнены компьютерные эксперименты по решению математической модели плавления пенополистирола при заливке формы алюминиевыми сплавами. В экспериментах варьировали следующие факторы: температуру сплава $T_{\text{спл}}$, плотность пенополистирола ρ и высоту отливки $H_{\text{отл}}$.

Уровни и интервалы варьирования приведены в табл. 1. Матрица планирования расчетов и их результаты приведены в табл. 2.

В расчетах фиксировали изменение в процессе заливки формы сплавом величины зазора между расплавом и моделью, а также толщины слоя

жидкого полистирола в зазоре при разных скоростях заливки. Максимальной скоростью заливки $V_{\text{макс}}$ является наибольшая скорость, при которой толщина слоя жидкого полистирола меньше величины зазора между расплавом и моделью.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Уровень варьирования	Факторы		
	$T_{\text{слн}}$, °C	rp , кг/м ³	$H_{\text{отл}}$, мм
Верхний	750	24	200
Нижний	650	16	100
Средний	700	20	150
Интервал варьирования	50	4	50

Таблица 2

Матрица планирования расчетов и их результаты

Номер расчета	$T_{\text{слн}}$, °C	rp , кг/м ³	$H_{\text{отл}}$, мм	$V_{\text{макс}}$, мм/с	
				Компьютерный расчет	Расчет по уравнению регрессии
1	750	24	200	17,4	17,4
2	750	24	100	18,1	18,1
3	750	16	200	26,0	26,0
4	750	16	100	28,4	28,4
5	650	24	200	14,3	14,3
6	650	24	100	14,5	14,5
7	650	16	200	21,7	21,7
8	650	16	100	22,9	22,9
9	700	20	150	19,2	20,4
10	700	22	150	17,2	18,9
11	700	18	150	21,0	22,5
12	700	20	175	19,2	20,1
13	700	20	125	19,2	20,7
14	725	20	150	20,1	21,4
15	675	20	150	18,2	19,4

Уравнение регрессии для расчета $V_{\text{макс}}$ имеет вид

$$V_{\text{макс}} = 20,4 + 2,1X_1 - 4,3X_2 - 0,6X_3 - 0,4X_1X_2 - 0,2X_1X_3 + 0,3X_2X_3 + 0,1X_1X_2X_3, \quad (1)$$

где $X_1 = \frac{T_{\text{слн}} - 700}{50}$; $X_2 = \frac{rp - 20}{4}$; $X_3 = \frac{H_{\text{отл}} - 150}{50}$.

Скорость заливки должна быть не меньше некоторого минимально допустимого значения $V_{\text{мин}}$, при котором исключается образование в отливке спаев и недоливов.

$$V_{\text{мин}} = \frac{H_{\text{отл}}}{t_{\text{макс}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{макс}}$ – продолжительность течения сплава до остановки потока,

$$t_{\text{макс}} = 3 (\delta G)^{1/3}, \quad (3)$$

где δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

G – масса отливки с литниками и прибылями, кг.

При литье по пенополистироловым моделям раслав дополнительно охлаждается из-за потерь тепла на испарение полистирола. Однако коэффициент аккумуляции тепла сухого песка меньше, чем песчано-глинистой смеси. Применение вакуумного всасывания для заливки форм позволяет увеличить их заполняемость сплавом. Формула (3) получена для условий заливки форм алюминиевыми сплавами вакуумным всасыванием.

Кроме обеспечения необходимой заполняемости форм скорость заливки должна исключить обрушение песка с поверхности формы в зазор при увеличении величины зазора с уменьшением скорости заливки. С этой точки зрения минимальное значение скорости заливки $V_{\text{мин}}$ должно обеспечивать величину зазора, не превышающую его допустимых значений. В первом приближении максимально допустимую величину зазора можно принять равной:

1) $V_{\text{зал}} = 15 \text{ мм/с} < V_{\text{макс}}$;

2) $V_{\text{зал}} = V_{\text{макс}} = 17,6 \text{ мм/с}$;

3) $V_{\text{зал}} = 19 \text{ мм/с} > V_{\text{макс}}$.

Для обеспечения качественного заполнения форм при литье по пенополистироловым моделям необходимо, чтобы скорость заливки равнялась скорости плавления пенополистироловой модели, т. е. должно соблюдаться равенство $V_{\text{зал}} = V_{\text{пл}}$.

В результате выполненных компьютерных экспериментов по исследованию математической модели плавления пенополистирола получено

следующее уравнение регрессии для расчета скорости плавления пенополистироловой модели:

$$V_{\text{пл}} = V_{\text{зал}} = 5,3 - 1,1X_1 + 1,8X_2 + 0,7X_3 - 0,4X_1X_2 - 0,1X_1X_3 + 0,2X_2X_3, \quad (4)$$

$$\text{где } X_1 = \frac{rp - 20}{4}; X_2 = \frac{3,5 - DS}{1,5}; X_3 = \frac{T_{\text{спл}} - 700}{50}.$$

Приняв $DS = 5$ мм, находим формулу для расчета минимальной скорости заливки с точки зрения исключения обрушения песка в зазор

$$V_{\text{мин}} = 3,5 - 0,7X_1 + 0,5X_3 - 0,1X_1X_3. \quad (5)$$

Из двух значений $V_{\text{мин}}$, определенных по формулам (2) и (5), следует принимать наибольшее. При диапазонах изменения факторов, приведенных в табл. 1, данная величина изменяется в пределах от 2,4 до 4,8 мм. Анализ показывает, что эти значения, как правило, намного меньше $V_{\text{мин}}$, рассчитанных по формулам (2) и (3). Поэтому скорость заливки следует рассчитывать по выражениям (2) и (3). Полученное значение не должно превышать значение, определенное по формуле (1). Если это условие не выполняется, необходимо увеличить температуру сплава и применить менее плотный пенополистирол.

Б. С. Чуркин,

А. Б. Чуркин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА КАМЕРЫ ПРЕССОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК НА МАШИНАХ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ С ХОЛОДНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КАМЕРОЙ ПРЕССОВАНИЯ

При организации технологии изготовления отливки литьем под давлением большое значение имеет правильный выбор диаметра камеры прессования. Чаще всего его рекомендуют выбирать по следующей формуле [1]:

$$D_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{пр}}}{3,14P_{\text{пр}}}},$$

где $P_{\text{пр}}$ – давление прессования, которое выбирается в зависимости от вида сплава, сложности конструкции отливки и преобладающей толщины ее стенок;

$F_{\text{пр}}$ – усилие прессования, развиваемое машиной.