

Особенности выбора вентиляционных отверстий кокильной оснастки при использовании методов численного моделирования

Студент гр. 304312 Душкевич М.А.
 Научный руководитель – Матюшинец Т.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Выбор положения вентиляционных отверстий при разработке кокильной оснастки является одним из важнейших этапов проектирования кокилей. Известно, что пространственное расположение вентиляционных отверстий, обеспечивает выход значительной части газовой фазы из внутренней полости кокиля в условиях кристаллизующегося металла. Формирование усадочной и рассеянной пористости под действием газовой фазы и процесса кристаллизации существенно влияют на качество отливок получаемых литьем в кокиль. Поэтому разработка методов расчета диаметра (сечения) и пространственного положения вентиляционных отверстий является важной научно-технической задачей. Существующие методики расчета вентиляционных отверстий основаны на эмпирических подходах и практически не учитывают пространственную конфигурацию кокиля, а также перемещение расплава при его заполнении. Невозможность учета этих факторов делает существующие инженерные методики неэффективными, особенно когда речь идет об изготовлении сложных фасонных отливок. Число отверстий их положение и диаметр могут изменять газовый режим течения воздуха в кокиле и вызывать брак в отливках по газовым дефектам.

В настоящей работе предлагается метод выбора вентиляционных отверстий кокильной оснастки, который отличается от известных, учетом особенностей распределения температур и скоростей в системе «отливка- кокиль».

Анализ существующих методов расчета вентиляционных каналов [1, 2] показывает, что расчет газового режима основывается на балансе массы газа в полости кокиля:

$$dM = dM_G - dM_B, \quad (1)$$

где dM – изменение массы газа в рабочей полости кокиля; dM_G – приращение массы газа вследствие газификации облицовки; dM_B – масса газа, утекающего через вентиляционные отверстия.

Дальнейшее преобразование уравнения (1) с конкретизацией взаимосвязи давления, температуры, массы и объема с учетом уравнения Менделеева – Клапейрона приводит к формуле (2)

$$(V_{1H} - V(t)) \left[\frac{dp_1}{dt} - \frac{p_1}{T_1} \frac{dT_1}{dt} \right] = \frac{m(t)}{\rho_0} + q'_{y\phi} \frac{T_1}{k} \frac{dS_\phi}{dt} - a p_1 (p_1 - p_c), \quad (2)$$

где V_{1H} – объем рабочей полости кокиля; $V(t)$ – объем залитого расплава в момент времени t ; p_1 – давление газа в рабочей полости кокиля; T_1 – температура газа; $m(t)$ – массовая скорость заливки; ρ_0 – плотность заливаемого металла; $q'_{y\phi}$ – массовая газотворная способность единицы поверхности покрытия формы; S_ϕ – площадь поверхности контакта заливаемого металла и кокиля; k – параметр, определяемый начальным состоянием газа, a – обобщенная характеристика вентиляционной способности формы, p_c – давление газа в окружающей среде.

Как можно увидеть из представленного уравнения (2) традиционный метод не учитывает свойств расплава в расчете давления газа заключенного в объеме формы. При этом температурный фактор, играющий важную роль в расчетах вентиляционных отверстий, так же не мог быть учтен в полной мере из-за проблем расчета динамики температурного поля, зависящей от процесса заполнения.

Учет температурного фактора может быть проведен с использованием современных компьютерных систем [3, 4]. В этом случае определение температурного и скоростного поля металла заполняющего

полость формы позволяет с высокой точностью определять области для положения вентиляционных каналов. Причем, моделируя различные режимы заполнения можно выделять оптимальные области для положения отверстий кокиля.

Таким образом, расчет давления газа в полости формы на каждый момент времени представляет собой итерационный цикл, содержащий в своем теле шесть шагов.

Шаг 1. Находится начальная масса воздуха заключенного в полости формы.

$$m_0 = \frac{P_0 V_0}{RT_0}.$$

Шаг 2. По значениям из таблиц данных на момент времени τ рассчитывается давление, которое бы имело место в полости формы на момент времени τ при условии отсутствия вентиляционных каналов.

$$P_1 = \frac{P_0 V_0}{V_1},$$

где V_0 – объем полости формы незанятой металлом на предыдущий момент времени; V_1 – объем полости формы незанятой металлом на момент времени τ , определяемый по положению координат точек фронта металла в объеме формы.

Шаг 3. Определим скорость истечения газа из вентиляционного отверстия заданного сечения при найденном давлении.

$$v = \sqrt{2 \frac{(P_1 - P_{en}) RT_1^{cp}}{P_1}},$$

где T_1^{cp} – усредненная температура газа в полости формы на момент времени τ .

Шаг 4. Определить объем истекшего газа за время $\Delta\tau$.

$$\Delta V = S \cdot v \cdot \Delta\tau.$$

Шаг 5. Определяются массы истекшего и оставшегося газа.

$$\Delta m = \frac{P_1 \Delta V}{RT_1^{cp}}; \quad m_1 = m_0 - \Delta m.$$

Шаг 6. Определяется реальное давление в полости формы на момент времени τ .

$$P_1' = \frac{m_1 R_1 T_1^{cp}}{V_1}.$$

На каждом итерационном шаге расчета давления газа в полости кокиля производится проверка условия (5) о не превышении рассчитанного давления значения допустимого давления для данного рода заливаемого металла.

$$P_1' \leq P_{дон}. \quad (5)$$

В случае выполнения условия производится расчет давления в полости формы для следующего момента времени, в противном случае расчет перезапускается.

Использование системы математического моделирования ПроЛит либо любой другой системы того же класса (ProCast, .. и др.) позволяет производить расчеты вентиляционных каналов, для каждой отливки индивидуально учитывая как конфигурацию самой отливки, так и конфигурацию литниковой системы.

Литература

1. Руденко А.Б., Серебро В.С. Литье в облицованный кокиль. – М.: Машиностроение, 1987. – 184 с.
2. Вейник А.И. Теория особых видов литья. – М.: МАШГИЗ, - 1958. – 300 с: ил.
3. Чичко А.Н., Соболев В.Ф., Лихоузов С.Г. Комплекс программных средств «ПроЛит» для моделирования процессов течения и охлаждения расплавов // Программные продукты и системы. – 2002. – №4. – С. 47-48.
4. Чичко А.Н., Лихоузов С.Г. Клеточно-автоматное моделирование процесса течения расплава в форме // Доклады НАН Беларуси. – 2001. – Т.45, №4. – 2001. – С.110-114