

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ**

Я. Ю. Ладорская

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. А. Жаранов

Оптимизация процессов литья является до настоящего времени не полностью решенной задачей. Задача оптимизации литниковой системы, казалось бы, несложная - обеспечить полноту заполнения формы расплавом, вязкость которого значительно отличается от вязкости холодных жидкостей, например, воды. Однако выполнение этой задачи осложняется некоторыми особенностями гидравлического процесса заполнения форм. Эти особенности связаны с явлениями, вызываемыми тепловыми и физико-химическими процессами, протекающими как в жидком металле, так и на его границе с окружающей воздушной средой и формой.

Конструирование литниковой системы, обеспечивающее получение отливок хорошего качества, является наиболее ответственной частью разработки литейной технологии.

Тепловые и физико-химические процессы оказывают существенное влияние на течение жидкого металла в каналах литейной формы и являются определяющими для выбора гидравлических режимов их заполнения. Степень влияния этих процессов на гидравлический процесс зависит от физико-химических свойств заливаемого сплава и материала литейной формы. Исходя из этого актуальной задачей является исследование конструкций, условий и принципов конструирования и оптимизация литниково-питающих систем.

Для очистки металла от неметаллических включений малого размера, попавших в металл ранее и образующихся в процессе растворения модификатора, после реакционной камеры в последние годы устанавливают керамические фильтры (пенофильтры), на стенках сложных каналов которых включения адсорбируются. Расход через фильтры в процессе заливки уменьшается.

В сужающихся литниковых системах обеспечивается положительное давление металла на стенки каналов и не возникают явления разрежения и подсоса газов и воздуха. Однако металл при этом поступает в полость формы с большими скоростями (эффект брандспойта), что может привести к размыву формы или стержня. Для создания положительного давления и устранения эффекта брандспойта в литниковой системе устанавливают местные сопротивления (дроссели или пережимы), которые чаще всего располагают под стояком или при переходе от стояка к шлакоуловителю.

Многообразие функций литниковой системы и ее влияние на технологию изготовления литейной формы предъявляют к ней большие требования, которые, однако, можно сформулировать в виде двух основных [1].

При конструировании литниково-питающей системы инженер должен решить две задачи – это получение качественной отливки и создание минимально возможной по объему ЛПС для получения высоких показателей выхода годного.

Рассматривая процесс заполнения литейной формы, можно выделить три стадии движения металла: свободное падение струи металла, течение по каналам литниковой системы, движение в полости формы.

Кратковременность процесса заполнения форм и высокие скорости потоков металла даже при самых тщательных мерах не позволяют обеспечить полного задержания шлака в литниковой чаше и тем более в стояке, который промывается расплавом. Кроме того, как отмечалось, шлаки могут образовываться по пути следования металла: в стояке, особенно в его нижней части, на входе в коллектор и частично в самом коллекторе. В то же время шлаковые частицы нельзя допустить к питателям, так как всасывающий эффект и промывание самих питателей металлом неизбежно приведет к проникновению шлака в отливку.

При попадании струи металла в литниковую чашу ее скоростной напор гасится. Заполнение формы происходит под напором, определяемым уровнем металла в чаше.

В литниковой чаше создаются благоприятные условия для удаления шлака (рис. 1).

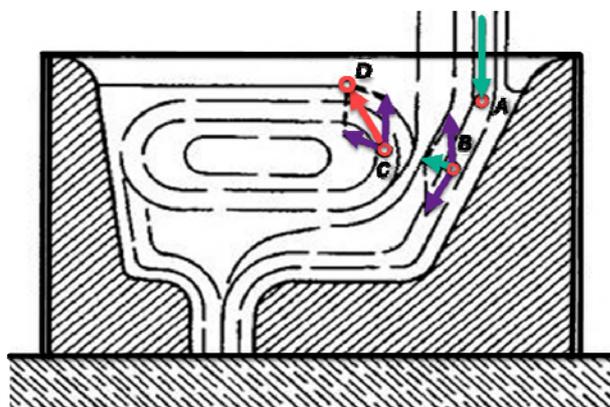


Рис. 1. Удаление шлака в литниковой чаше

Постороннее тело, занесенное струей из точки *A* в точку *B*, будет находиться под действием двух сил: силы всплывания, направленной вверх, и силы потока, увлекающей постороннее тело по направлению движения. В результате тело переместится в точку *C*. В точке *C* поток снова изменяет свое направление, что сопровождается потерей скорости, и тело передвигается в точку *D*.

Уровень металла в чаше поддерживают постоянным от начала до конца заливки. Для уменьшения попадания неметаллических включений в тело отливки следует уменьшать температуру расплава, что в свою очередь может снизить заполняемость формы.

Таким образом, последним элементом литниковой системы на пути следования металла в отливку, где еще возможно обеспечить задержание шлаковых включений, является коллектор, который поэтому и является главным шлакозадерживающим элементом литниковой системы.

Возможность заполнения литейной формы ограничена временем, в течение которого расплав, находясь в жидком и жидко-твердом состояниях, сохраняет способность течь. Это время заполнения для одного и того же сплава при одинаковых гидравлических условиях определяется температурой заливки расплава, начальной температурой формы, теплофизическими характеристиками сплава и материала формы, условиями теплообмена на границе раздела «металл–форма» и может быть рассчитано по физическим законам.

Жидкотекучесть можно рассматривать как характеристику заполняемости данным сплавом формы технологической пробы, если

$$\frac{\wedge}{R^2} \leq A \sqrt{t + B \frac{H}{R} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \sum \xi_i}}}, \quad (1)$$

где \wedge – значение жидкотекучести; R – радиус канала или толщина отливки; A, B – постоянные для данного сплава и материала формы; H – гидростатический напор; t – перегрев над точкой ликвидус; $\sum \xi_i$ – сумма коэффициентов местных потерь напора.

Жидкотекучесть в этой формуле можно трактовать как максимальную длину стенки отливки толщиной $2R$, которая заполняется при условиях, выражаемых в правой части неравенства как произведение члена, зависящего от условий охлаждения (первый), на член, зависящий от условий течения (второй).

Таким образом, из представленного уравнения видно, что трудности заполнения будут возрастать обратно пропорционально квадрату толщины стенки отливки. Чем тоньше стенка, тем выше должен быть перегрев для обеспечения заполняемости.

На производстве технически сложно на основе только расчетных методов выбрать рациональную конструкцию и рассчитать оптимальные размеры литниковых систем для широкой номенклатуры отливок. При этом определяющее значение имеет личный опыт и наблюдения технолога-литейщика, занимающегося разработкой литейной технологии. Однако нередко даже богатый опыт технолога и литейного цеха – изготовителя литья не могут подсказать оптимальное решение при выборе конструкции литниковой системы, способа и мест подвода расплава в форму и режимов их заполнения.

В этом отношении методы компьютерного моделирования литейных процессов и технологий являются, по существу, единственным эффективным инструментом, позволяющим провести оптимизацию конструкции ЛПС и технологических параметров заливки литейных форм.

Численное моделирование процессов гидрогазодинамики заполнения литейной формы позволяет инженерам-технологам производить анализ физической картины явлений, происходящих в литниковых каналах и форме, классифицировать и изучать динамику развития литейных дефектов, определить потенциальные причины их образования.

В качестве эффекта от применения в производственных условиях программного обеспечения для моделирования литейных процессов можно назвать следующие аспекты:

- повышение скорости внедрения в производство новых отливок за счет сокращения времени апробации технологических решений;
- появление у технологов предприятия качественно нового понимания процессов работы литейной формы;
- возможность проверки концепций и идей технологов без изготовления технологической оснастки;
- повышение скорости формирования интуитивных профессиональных навыков за счет более глубокого, внутреннего понимания процессов, протекающих в литейной форме.

Л и т е р а т у р а

1. Моргунов, В. Н. Основы конструирования отливок. Параметры точности и припуски на механическую обработку : учеб. пособие / В. Н. Моргунов. – Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2004. – 164 с.
2. Можарин, В. П. Литейное производство : учеб. пособие: В 2 кн. / В. П. Можарин ; Юргин. техн. ин-т. – Томск : Том. политехн. ун-т, 2011. – Кн. 2. – 468 с.
3. Дурина, Т. А. Физико-химические основы литейного производства : учеб. пособие / Т. А. Дурина. – Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2009. – 138 с.