

УДК 621.747

ПРАГМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ю. Ф. Воронин, В. А. Камаев, А. В. Матохина

Волгоградский государственный технический университет

Колебания технологических параметров в литейном производстве не позволяют в полной мере использовать строгие аналитические решения при моделировании протекающих в форме процессов. Использование в аналитических решениях результатов математической обработки экспериментальных данных позволяют с достаточной точностью определять исследуемые параметры. Такое совместное использование аналитических и экспериментальных результатов названо прагматическим моделированием. Приводится пример прагматического моделирования, позволяющего снижать вредное влияние отрицательных отклонений ряда параметров и получать оптимальные результаты исследуемого процесса.

Ключевые слова: *параметры, отклонения, моделирование, ограничения, математическая обработка, практическое применение, компьютерная программа.*

Fluctuations of technological parameters in foundry production do not allow to use fully strict analytical decisions when the processes occurring in the mold are modeled. The employment of mathematical processing results for analytical solutions can adequately define the investigated parameters. Such combination of analytical and experimental results is called pragmatistical modeling (PM). The paper suggests the example of the pragmatistical modeling that allows reducing an adverse effect of negative deviations of a number of parameters and receiving optimum results of the studied process.

Key words: *parameters, deviations, modeling, restrictions, mathematical processing, practical application, computer program.*

В технологических режимах производства отливок наблюдаются постоянные колебания технологических параметров. Например, к ним можно отнести показатели:

- формовочных смесей и стержней (влажность, прочность, газопроницаемость, газотворность и др.);
- выплавляемого металла (содержание серы, фосфора, углерода, водорода и др.);
- шихтовых материалов (наличие ржавчины, инородных металлов и др.);
- вентиляции стержней и форм (отсутствие вентиляционных каналов в стержне или форме, увеличенная длина пути фильтрации газа, переуплотненная форма и др.) и т. д.

В последние годы для моделирования сложных нелинейных процессов, происходящих в континуальных средах, используют программные системы, основанные на методах конечных или граничных элементов. К таким системам можно отнести автоматизированные системы Solid Cast, LVM Flow, «Полигон» и др. Однако большие и непрогнозируемые отклонения в технологических параметрах, существующие на практике (статистическая неопределенность исходных данных), не позволяют эффективно использовать современные мощные средства моделирования процессов формирования бездефектных отливок. Получаемые при этом зависимости качественно совпадают с результатами расчетов по традиционно используемым и проверенным практикой математическим зависимостям.

Обобщение производственного опыта устранения дефектов отливок позволило создать экспертные системы (ЭС) производственного типа

[3, 4]. Совместное использование ЭС и соответствующих математических зависимостей (применяемых для уточнения отдельных фрагментов общей картины производства отливок) названо нами прагматическим моделированием [2, 8]. В процессе прагматического моделирования создается, используется и непрерывно развивается соответствующая гибридная экспертная система [7, 12]. Процесс прагматического моделирования можно разбить на четыре этапа, подобно [6, 11].

1. *Использование известных знаний, их хранение и аккумуляция в базе знаний.* В этой базе хранятся в форме различных модулей знания, обобщающие теоретические представления о процессе (систематические знания) и опыт (эвристические знания).

2. *Совместное использование качественной и количественной информации.* При построении систем прагматического моделирования используется не только качественная информация, являющаяся результатом интеллектуальной деятельности человека, но и некоторое количественное описание в форме традиционных математических соотношений. Возникает целесообразность разработки механизма применения обоих видов информации, их взаимного сочетания и дополнения.

3. *Получения новых знаний за счет использования новой информации – количественной и качественной.* Решение реальных производственных задач обеспечивает получение новой информации. Эта информация – качественная от экспертов и количественная – должна использоваться для формирования новых знаний, которые могут быть задействованы апостериори.

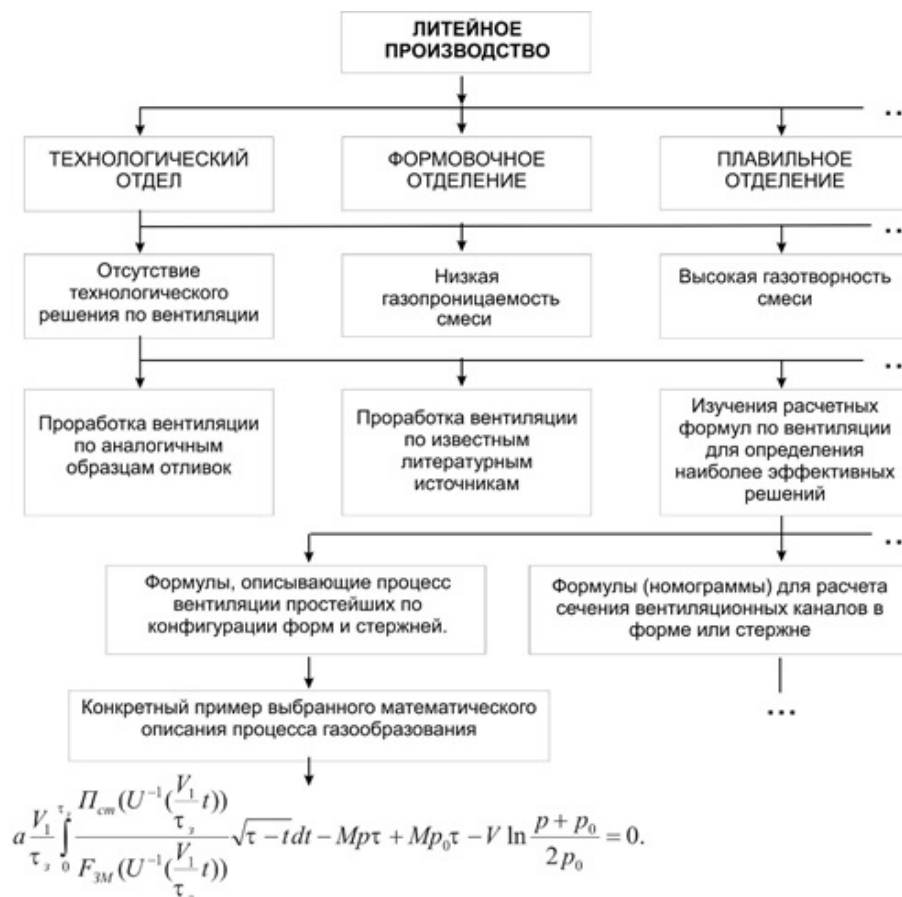


Рис. 1. Последовательность выявления и устранения дефекта «газовая раковина»

4. *Обучение и адаптация баз знаний.* В процессе решения технологических задач появляется необходимость пополнения базы знаний, а также исправления или замены знаний, ставших неактуальными.

Последовательность прагматического моделирования проиллюстрируем на примере решения задачи ликвидации газовых раковин. Схема выявления и устранения дефекта изображена на рис. 1. Хорошо видно, что к возникновению дефекта могут быть причастны три структуры – технологический отдел, формовочное и стержневое отделения. По вине этих структур отсутствует хорошая вентиляция в форме и стержне, имеется низкая газопроницаемость и высокая газотворность смесей. Эти технологические отклонения скорее всего и послужили причинами возникновения дефектов. Анализ причин возникновения газовых раковин показал, что наиболее весомыми отклонениями являются отсутствие вентиляции формы и стержня. Даже при наличии двух других рассмотренных причин хорошая вентиляция позволит полностью ликвидировать дефект. Изучение механизма вентиляции литейной формы показало, что его можно моделировать при помощи использова-

ния существующих математических зависимостей или номограмм. Наиболее приемлемым явилось применение существующих математических зависимостей, конкретный пример которого представлен в виде формулы [10].

$$P_{\phi} = \frac{\frac{2}{3} a v_s [\tau^{1.5} - (\tau - \tau_3)^{1.5} - (\alpha \tau_3)^{1.5}]}{C V + K \frac{F_{np}}{l} \tau_3} \quad (1)$$

Представленная формула имеет ряд ограничений, не позволяющих использовать ее при производстве разнообразных отливок от 1 до 5 классов сложности (по И. Б. Куманину) [9]. К наиболее существенным ограничениям следует отнести:

- отсутствие возможности точного определения сложной поверхности формы и стержня;
- невозможность определения приведенного сечения газового потока (F_{np}) в сложных стержнях из-за громоздкости и неясности математического описания. F_{np} участвует в описании изменения давления газа в стержне в зависимости от его конфигурации.

В связи с этим была поставлена задача по нахождению решения для устранения отмеченных ограничений. Результаты проведенных

исследований показали возможность выполнения поставленной задачи. Первая ее часть была выполнена интегрированием поверхности формы и стержня [12]. Решением второй задачи (определение $F_{пр}$) явилась математическая обработка экспериментальных результатов многочисленных исследований, в том числе и в [10]. В процессе обработки установлено, что для конкретной группы стержней следует иметь два расчетных показателя. Первый идет в производстве с площадью стержневого знака, второй – в производстве с площадью поверхности стержня. Такое прагматическое решение позволило с достаточной точностью определять давление газа в стержне. Общее конечное уравнение имеет следующий вид:

$$\alpha \frac{V_1}{\tau_3} \int_0^{\tau_3} \frac{P_\phi(U^{-1}(\frac{V_1}{\tau_3}t))}{F_{3M}(U^{-1}(\frac{V_1}{\tau_3}t))} \sqrt{\tau - t} dt - Mpr + MPr_0\tau - V \ln \frac{p+p_0}{2p_0} = 0. \quad (2)$$

где α – относительный коэффициент газовыделения, приведенный к единице поверхности контакта формы (стержня) с металлом; V_1 – объем металла, поступающего в форму; τ_3 – время заливки металла в форму; P_ϕ – периметр формы (стержня) на высоте h ; F_{3M} – площадь зеркала металла на высоте h ; U^{-1} – обратная функция объема металла в форме при заливке до уровня h ; t – время контакта металла с формой (стержнем); τ – время от начала заливки металла; p – давление в форме (стержне) в момент времени τ ; p_0 – абсолютное давление газа на открытой поверхности формы (стержня) и начальное давление в порах формовочного материала (стержня), равное в большинстве случаев атмосферному; V – объем пор в области фильтрации; $M = \frac{kF_{пр}}{l}$ – пропускная способность, где k – газопроницаемость смеси; $F_{пр}$ – площадь приведенного сечения газового потока

из стержня; l – длина пути фильтрации газа (не указанные обозначения в системе СИ).

Полученное таким образом уравнение позволяет проводить моделирование газового режима с определением оптимальных параметров процесса [1]. Например, повышенная газотворность и пониженная газопроницаемость смеси могут компенсироваться уменьшением длины пути фильтрации газа, которая выполняется в процессе изготовления стержней [9]. Следовательно, подобная последовательность прагматического моделирования позволяет снижать вредное влияние отрицательных отклонений ряда параметров и не допускать образование дефектов.

Описанный метод был использован на ОАО «Альметьевский насосный завод», где изготавливают разнообразные сложные отливки, в том числе и рабочие органы насосов [13]. Сложные стержни этих отливок производят по горячей оснастке из сухой плакированной песчано-смоляной смеси. К отливкам предъявляют повышенные требования по качеству, в том числе и по отсутствию каких-либо раковин.

Из рассматриваемых отливок с раковинами особый интерес представлял дефект, по форме напоминающий усадочный (рис. 2). При большем увеличении такой дефект можно посмотреть на рис. 3. Данный дефект принимался за усадочный, и его ликвидация велась в этом направлении. Раковины имеют шероховатую поверхность серо-синего цвета, вскрываются на обработанной поверхности в различном виде, схожи с усадочными дефектами. На них видна шероховатая, но не дендритная структура поверхности, которая обычно бывает на поверхности усадочных раковин. В углубленной части раковины наблюдается отверстие – «свищ» – соединяющее раковину со стержнем.

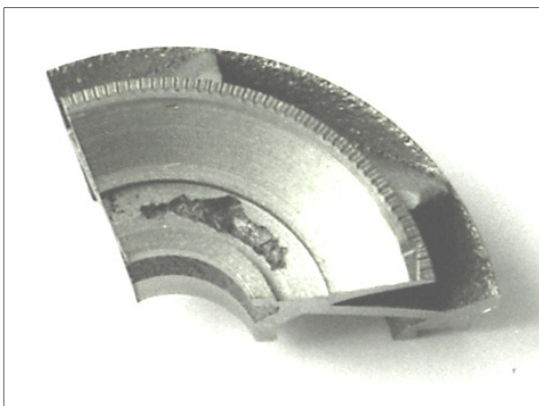


Рис. 2. Фрагмент отливки «Рабочего органа» с окисленной шероховатой раковинной

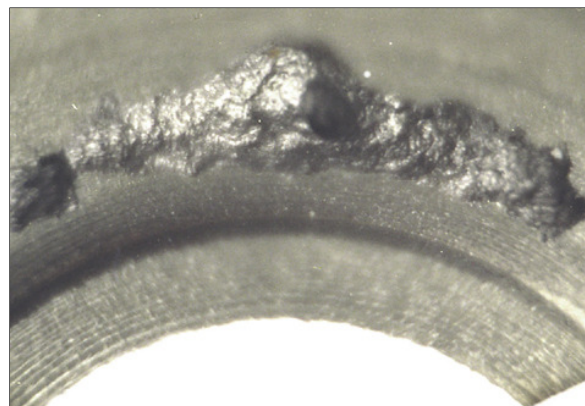


Рис. 3. Фрагмент отливки рабочего органа (увеличено)



Исходя из изложенного можно отметить, что в связи с отсутствием в стержнях вентиляционной системы выделяющийся из них газ начинает создавать высокое давление и прорывать тонкую стенку отливки со стороны стержней, образуя газовую раковину. В это время в металле уже формируются агрегатные структуры, и он напоминает кашеобразную массу. В результате этого газовая раковина имеет не гладкую, а шероховатую поверхность.

Исследования на ОАО «АЛНАС» по определению создаваемого в стержнях давления газа и путей его вывода из формы в атмосферу,

проводили с помощью компьютерной программы «Моделирование условий ликвидации возникновения газовых раковин в отливках», математическая модель которого показана выше [5].

Проведенные исследования послужили основанием для разработки вентиляционной системы вывода газа из стержней. Использование разработанной вентиляционной системы при изготовлении отливок в течение двух месяцев подтвердило достоверность проведенных исследований и ликвидировало возникновение газовых раковин со стороны стержней.

Список литературы

1. Воронин Ю. Ф. К вопросу об определении причин возникновения дефектов отливок // Литейщик России. 2004. № 9. С. 42–46.
2. Воронин Ю. Ф. Система определения и ликвидации дефектов в отливках из чугуна и стали : учеб. пособие : доп. УМО по образованию в области металлургии / ВолгГТУ. Волгоград, 2010. 116 с.
3. Воронин Ю. Ф. Системный анализ и экспертная оценка светлых газовых раковин в отливках // Литейное производство. 2006. № 9. С. 9–12.
4. Воронин Ю. Ф., Камаев В. А. Экспертная оценка качества литья. Черные сплавы : монография. М. : Машиностроение-1, 2006. 180 с.
5. Воронин Ю. Ф., Лосев А. Г., Матохина А. В., Бегма В. А. Моделирование газового режима литейной формы // Литейщик России. 2004. № 4. С. 35–37.
6. Воронин Ю. Ф., Матохина А. В. Моделирование влияния причин возникновения дефектов на качество отливок // Литейщик России. 2004. № 8. С. 33–37.
7. Заболеева-Зотова А. В., Камаев В. А. Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника». М., 2008.
8. Камаев В. А., Кастерин В. В. Технология программирования : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. специалистов «Информатика и вычислительная техника». М., 2005.
9. Литейное производство / под ред. И.Б. Куманина. – М. : Машиностроение, 1971. 319 с.
10. Медведев Я. И. Газовые процессы в литейной форме. М. : Машиностроение, 1980. 200 с.
11. Проталинский О. М. Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. 184 с.
12. Рыбина Г. В., Пышагин С. В. и др. Инструментальный комплекс АТ-технология для поддержки разработки интегрированных экспертных систем : учеб. пособие. М. : МИФИ, 2001. 104 с.
13. Устойчивый процесс предупреждения возникновения газовых раковин / А. В. Тронин, И. Ф. Хакимов, Ю. Ф. Воронин, В. А. Камаев // Литейщик России. 2005. № 11. С. 48–49.

© Ю. Ф. Воронин, В. А. Камаев, А. В. Матохина

УДК 004.89

МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕНДЕНЦИЙ В НАПРАВЛЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МИКРОСХЕМОТЕХНИКИ

Ю. А. Лежнина, И. Ю. Петрова, Т. В. Хоменко, К. А. Шумак

Астраханский инженерно-строительный институт

Графы являются эффективным средством представления баз знаний, отражающих связи между элементами цепей различной физической природы посредством межцепных физико-технических эффектов. Появление новых физико-технических эффектов и уравнений, связывающих величины разной физической природы, будет отражать тенденции развития науки и техники, а отсутствие достаточного количества межцепных связей демонстрирует возможные и актуальные направления развития. Показано, что для повышения наглядности решения этой задачи с помощью изображения графов необходимо объединять параллельно идущие ребра в жгуты. Новый алгоритм визуализации значительно снизит нагрузку на изображение и позволит лучше продемонстрировать тенденции в направлении поиска новых ФТЭ для наполнения базы.

Ключевые слова: визуализация графов, физико-технические эффекты, перспективные направления исследований, энергоинформационный метод цепей.

Graphs are an effective means of presenting knowledge bases that reflect relationship between the elements of circuits of various physical nature through interchain physical and technical effects. The emergence of new physical and technical effects and equations that connect values of different physical nature will reflect the trends in science and technology development while lack of a sufficient number of interchain links points to possible and actual directions of development. The authors demonstrate how formation of parallel running ribs into wisps with the help of graphs can increase visibility of the above task solution. The new algorithm for visualization will extremely decrease loading image and allow a challenge in search of new physical and technical effects for formation the base.

Key words: visualization of graphs, physical and technical effects, advanced areas of research.