

АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФАСОННОЙ ОТЛИВКИ «КОРОБКА КЛАПАННАЯ»

И.Н. Ердаков

Рассмотрено ведущее направление развития литейного производства, связанное с широким использованием систем инженерного анализа для теоретического исследования литейных процессов. Подробно рассмотрена методика проведения вычислительного эксперимента в системе «Полигон» и сделаны выводы о рациональном способе литья стальной отливки «коробка клапанная».

Ключевые слова: компьютерное моделирование, температурные поля, развитие литейных процессов, твердотельная модель, конечно-элементная сетка, литниковая система, прибыль, усадочная пористость.

Анализ гидродинамических и тепловых процессов [1] позволяет на стадии проектирования детали и технологии её литья [2] снизить или исключить появление трещин [3], пор, усадочных дефектов в теле отливки, а также повысить работоспособность готового изделия [4].

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) [5–7] в структуре машиностроительных предприятий обеспечивают высокий уровень технологической готовности производства и его конкурентоспособность.

Ведущим направлением развития литейных технологий в настоящее время является широкое внедрение и глубокое освоение на предприятиях России систем компьютерного моделирования и синтеза технологий.

На сегодняшний день использование САПР на этапе проектирования является стандартом для разработки технологической документации в организации проектных отделов.

Предварительные эксперименты и анализ публикаций по данной тематике показали, что эффективное освоение различных видов САПР, внедренных в литейное производство, связано с их совместным использованием и в первую очередь со специализированными системами компьютерного моделирования литейных процессов.

Основными компьютерными системами по моделированию литейных процессов являются ProCast, Magmasoft, WinCast, LVMFlow и Полигон. Последние две ориентированы на характер российского производства и из-за соотношения цена/качество получили наибольшее распространение. При этом наиболее предпочтительным в плане теоретических исследований является программный комплекс Полигон [8].

В соответствии с этим целесообразным представляется приобрести опыт компьютерного моделирования температурных полей при формировании литых деталей средствами Полигон, что позволит эффективно осваивать САПР в структуре литейного комплекса и прогрессивно развивать технологические процессы.

Теоретические исследования проходили в два этапа.

На первом этапе в генераторе конечно-элементной сетки строилась трехмерная сеточная модель [9–11], представляющая собой объемную деталь, составленную из конечного числа тетраэдров. При этом размеры этих тетраэдров были примерно на два порядка меньше габаритов отливки.

На втором этапе эта конечно-элементная сетка использовалась для непосредственного расчета и моделирования литейных процессов в модуле «FlowVision» и «Фурье 3D» компьютерной системы Полигон. При этом вводились исходные данные для расчета: материал отливки и формы, температура сплава и формы, температура окружающей среды и т. д.

В качестве базовой технологии был выбран процесс изготовления фасонной отливки «коробка клапанная» из стали 35Л, осваиваемый в литейном цехе ООО «ЧТЗ-Уралтрак» (г. Челябинск).

После анализа конструкции установлено, что деталь не имеет обратных уклонов, расположение и толщины ее стенок удовлетворяют принципу направленного затвердевания, и деталь является технологичной для изготовления ее в разовых песчано-глинистых формах.

Построенная в SolidWorks твердотельная компьютерная модель отливки представлена на рис. 1.

Для определения наиболее рационального способа подвода металла в полость формы было рассмотрено четыре варианта расположения питателей литниковой системы, показанных на рис. 2.

При подводе металла спереди установлен спокойный безвихревой режим заполнения формы расплавом. Характер распределения скоростей и максимальная их величина говорит о том, что в момент удара струи жидкого металла о стержень, оформляющий внутреннюю поверхность отливки, наблюдается слабое гашение скорости, что свидетельствует о малой вероятности размыва формы и смещения стержня.

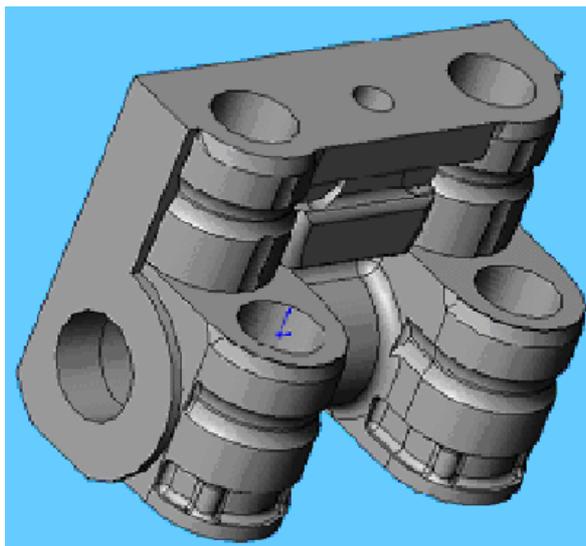


Рис. 1. Твёрдотельная модель детали «коробка клапанная»

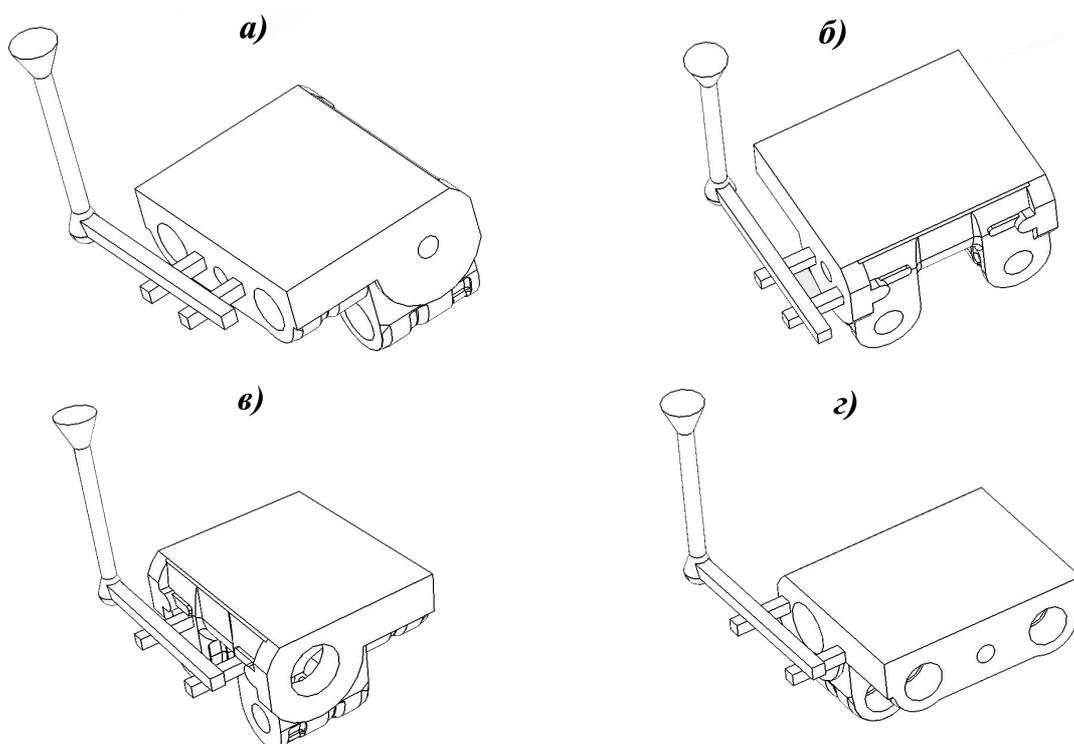


Рис. 2. Схемы подвода металла к отливке: а – подвод спереди; б – подвод с правого бока; в – подвод сзади; г – подвод с левого бока

При подводе металла с правого и левого боков заполнение формы идет с образованием вихревых потоков жидкого металла при огибании поверхности стержня. Также наблюдается значительное изменение скорости потока расплава в момент столкновения со стержнем, что с большой вероятностью приведет к размыву формы.

В последних двух вариантах подвода металла неэффективно работают питатели. Из-за этого время заполнения формы значительно увеличивается, что приводит к большему насыщению металла газами в процессе заливки, и как следствие, к ухудшению

структуры свойств отливки. Один из боковых подводов металла к отливке был опробован в промышленных условиях и подтвердил свою неэффективность.

Подвод металла в полость сзади приводит к значительному увеличению времени заполнения формы. Это связано с тем, что при данной схеме стержень оказывает наибольшее сопротивление потоку жидкого металла, тем самым замедляя процесс заполнения. В момент столкновения струи расплава, вытекающей из питателя, о стержень возможен также гидродинамический удар и как следствие размыв формы со смещением стержня.

В результате компьютерного моделирования гидродинамических процессов заполнения литейной формы при изготовлении отливки «коробка клапанная» наиболее рациональным оказался подвод металла в полость формы спереди [12, 13].

По результатам решения гидродинамической задачи и для проведения компьютерного моделирования тепловых процессов в качестве базового варианта системы питания отливки были выбраны две цилиндрические прибыли с куполообразным верхом одинаковых размеров, показанные на рис. 3.

Данные вычислительного эксперимента показали, что образуется усадочная раковина на верхней протяженной плоскости отливки. Также обнаружена усадочная пористость на одной из боковых поверхностей внутренней нижней части отливки. При изготовлении в цехе опытной партии отливок в указанных программой местах зафиксирована усадочная пористость и раковины.

На основе теоретического расчета питающей системы [14], учитывая направленность затвердевания отливки, а также ряд проведенных компьютерных исследований, была предложена одна центральная прибыль в верхней части литой детали и оптимизированы ее параметры.

В ходе компьютерных исследований для разработанного варианта прибыли было проделано

несколько расчетов с разным значением температуры заливки. Выявлено, что отсутствие контроля за этим технологическим параметром может привести к образованию пригара на поверхности контакта отливки со стержнем прибыли, а также к искажению его геометрии и провисанию.

Результаты моделирования разработанной питающей системы представлены на рис. 4.

Полученные данные свидетельствуют о том, что новая конструкция прибыли обеспечивает плотную, бездефектную структуру тела отливки.

Для промышленных испытаний нового технологического процесса в сталелитейном цехе ООО «ЧТЗ-Уралтрак» изготовлен опытный комплект модельной оснастки.

При внедрении разработанного варианта технологии изготовления литой детали ожидается снижение брака по усадочным дефектам на 25–35 %, а благодаря рациональному подводу металла в полость формы исключается возможность размыва стержня и засора отливки неметаллическими включениями.

Полученные в ходе теоретических исследований закономерности питания отливки при помощи системы компьютерного моделирования литейных процессов Полигон позволили усовершенствовать технологию изготовления фасонной отливки «коробка клапанная» и могут быть полезны работни-

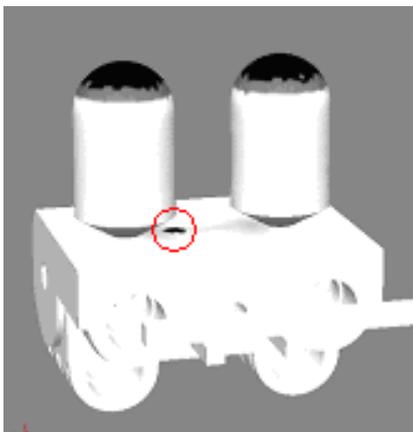


Рис. 3. Компьютерное моделирование усадочных процессов по базовому варианту (окружностями выделены участки с усадочными дефектами)

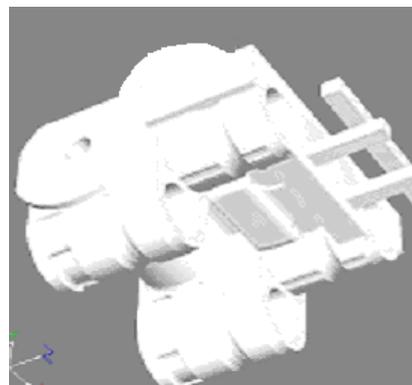
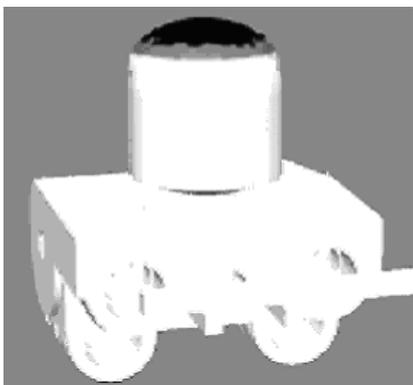
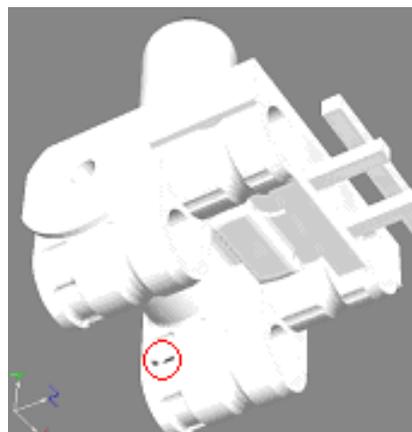


Рис. 4. Компьютерное моделирование усадочных процессов по разработанному варианту (участки с усадочными дефектами не выявлены)

кам технологических бюро стального литья машиностроительных предприятий.

Литература

1. Иванов, М.А. Температурные поля изложницы при литье одностонных блоков цинка / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия». – 2005. – Вып. 6, № 10 (50). – С. 99–101.
2. Иванов, М.А. Влияние технологических параметров литья изложниц на их стойкость / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия». – 2004. – Вып. 4, № 8 (37). – С. 103–106.
3. Развитие теории трещиноустойчивости отливок / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Е.Л. Волосатова, Д.В. Изотов // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия». – 2011. – Вып. 17, № 36. – С. 48–50.
4. Иванов, М.А. Работоспособность изложниц из высокопрочного чугуна при литье цинка / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Литейщик России. – 2006. – № 9. – С. 18–21.
5. Ли, Кунву Основы САПР(CAD/CAM/CAE) / Кунву Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
6. Ермаков, И.Н. Двухуровневая модель обучения по курсу «САПР в литейном производстве» / И.Н. Ермаков // Литейщик России. – 2006. – № 9. – С. 23–24.
7. Ермаков, И.Н. Ресурсосберегающие принципы в литейном производстве / И.Н. Ермаков // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия». – 2012. – Вып. 20, № 39 (210). – С. 139–141.
8. Тихомиров, М.Д. Особенности постановки задач при моделировании литейных процессов. Численные методы. Преимущества и недостатки / М.Д. Тихомиров // Компьютерный анализ литейной технологии: проблемы и перспективы: материалы семинара 15–19 окт. 2007 г. – СПб.: ЦНТИ «Прогресс», 2007. – С. 20–29.
9. Гузеев, В.И. Нестационарность напряженного состояния на задней поверхности зуба фрезы, обусловленная деформациями в зоне сдвига / В.И. Гузеев, Д.Ю. Пименов // Технология машиностроения. – 2010. – № 7. – С. 20–24.
10. Пименов, Д.Ю. Разработка модели эпюры напряжений на задней поверхности зуба фрезы / Д.Ю. Пименов // Технология машиностроения. – 2010. – № 1. – С. 48–52.
11. Пименов, Д.Ю. Исследование напряжений на задней поверхности зуба торцевой фрезы / Д.Ю. Пименов, В.И. Гузеев, А.А. Кошин // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2011. – № 4. – С. 136–146.
12. Ткачев, В.М. Влияние положения стояка на коробление и дефектность отливок плит / В.М. Ткачев, Н.А. Ласьков, И.Н. Ермаков // Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – № 6. – С. 9–11.
13. Ермаков, И.Н. Гидродинамический анализ и оптимизация литниковой системы при помощи компьютерного комплекса FLOWVISION / И.Н. Ермаков, И.В. Жуков, Б.А. Кулаков // Труды IX съезда литейщиков России. – Уфа: Изд-во РАЛ, 2009. – С. 316–319.
14. Рубцов, Н.Н. Справочник литейщика. Фасонное стальное литье / П.Ф. Василевский, А.Е. Демаков, П.Н. Плеханов; под. общ. ред. Н.Н. Рубцова. – М.: Машиз, 1962. – 611 с.

Ермаков Иван Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии и литейного производства, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76. Тел.: (351)2679096. E-mail: techproect74@mail.ru.

**Bulletin of the South Ural State University
Series “Metallurgy”
2013, vol. 13, no. 1, pp. 91–94**

ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC AND THERMAL PROCESSES IN SHAPED CASTING “VALVE BOX” PRODUCTION

I.N. Erdakov

The paper considers the leading way of foundry production development connected with wide application of engineering analysis systems for theoretical study of foundry processes. The procedure of carrying out the computer experiment in the “Polygon” system is considered in detail and the conclusions about the efficient way of steel casting “valve box” production are made up.

Keywords: computer simulation, temperature fields, foundry processes development, solid model, finite-element mesh, gating system, profit, shrinkage porosity.

Erdakov Ivan Nikolaevich, candidate of engineering science, associate professor of the Metallurgy and Foundry Department, South Ural State University. 76 Lenin avenue, Chelyabinsk, Russia 454080. Tel.: 7(351)2679096. E-mail: techproect74@mail.ru.