

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

**И. В. Марширов¹, В. В. Марширов², Г. А. Мустафин¹,
В. Г. Москалев¹, С. В. Назаров¹**

¹ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

² Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
г. Нижний Новгород, Россия

Рассмотрены особенности разработки технологии изготовления отливок с применением систем компьютерного моделирования. Приведены результаты моделирования усадочных процессов отливки из стали 35Л.

Ключевые слова: компьютерное моделирование литейных процессов, отливки, автоматизация проектирования литейной технологии

COMPUTER MODELING OF PROCESSES OF SHRINKAGE DURING SOLIDIFICATION OF STEEL CASTINGS

**I. V. Marshirov¹, V. V. Marshirov², G. A. Mustafin¹,
V. G. Moscalev¹, S. V. Nazarov¹**

¹ Altai state technical university, Barnaul, Russia

² National research university Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russia

The features of the development of technologies for making castings using computer modeling systems. The results of modeling shrinkage during casting steel 35L.

Ключевые слова: computer simulation of the casting process, casting, casting design automation technology

Применение компьютерных технологий в литейном производстве оказывает значительное влияние на его модернизацию и дальнейшее развитие. Разнообразие предлагаемых информационных продуктов охватывает все этапы процесса литья: организационный, конструкторско-проектировочный, опытно-технологический, производственный. При этом особый интерес представляет опыт по внедрению сквозной CAD-CAE-CAM технологии для проектирования и изготовления отливки и ее модельной оснастки. Суть этого подхода заключается в том, что технолог работает с компьютерной моделью отливки – на её основе происходит построение элементов литейной технологии, её анализ, моделирование всех процессов происходящих при заливке и кристаллизации, проектирование элементов оснастки и, наконец, создание управляющих программ для обработки на станках с ЧПУ. Это значительно сокращает производственный цикл. А объемные модели еще находят применение и на этапах, следующих за производством. С их помощью удобно разрабаты-

Ползуновский альманах № 2 2015

вать интерактивную техническую и эксплуатационную документацию, маркетинговые материалы и презентации. Таким образом, на базе объемной модели возможна организация сквозной технологии проектирования, что обуславливает настоящую техническую революцию в работе инженеров. Современные компьютерные системы повышают эффективность проектирования в разы. С их помощью предприятие может создать цифровой прототип изделия и тем самым сократить количество ошибок, уменьшить число физических опытных образцов и затраты на производство, ускорить выпуск изделий на рынок [1 – 3].

В представленной работе приведены результаты процесса разработки литейной технологии для отливки «Шкив». Данная отливка изготавливается из углеродистой стали 35Л литьем в песчано-глинистые формы. Для построения геометрической модели отливки используется CAD-система SolidWorks. Моделирование литейных процессов выполнялось посредством

применения САЕ-системы «LVMFlowCV» (Разработчик – ЗАО НПО МКМ, г. Ижевск).

Система LVMFlowCV удобна и достаточно проста в эксплуатации. Ее интерфейс полностью лежит в рамках стандарта интерфейса Windows. Терминология меню и диалоговые окна привычны и понятны для специалиста, работающего в литейном производстве. Меню системы продублировано панелью инструментов с иконками, довольно точно отражающими суть инструмента и позволяющими сократить число операций при работе с системой.

Применение LVMFlowCV позволяет оптимизировать режимы заливки сплава и затвердевания отливки, а также параметры литниково-питающей системы.

Результаты моделирования можно сохранять автоматически для дальнейшего просмотра и создания архива технологических решений. На каждую отливку заводится «паспорт», в который записываются все параметры каждого моделирования. Результаты расчета функций можно сохранять в 2D и 3D видах.

В LVMFlowCV имеется три расчетных модуля:

- Затвердевание;
- Заливка;
- Заливка и Затвердевание

В модуле «Затвердевание» форма изначально считается мгновенно заполненной расплавом и моделируется процесс затвердевания сплава. В основе модели лежит неравновесная теория кристаллизации многокомпонентного сплава.

В модуле «Заливка» моделируется заполнение формы расплавом, которое рассматривается как течение вязкой жидкости с учетом процессов теплопередачи. Течение описывается уравнениями Навье-Стокса. Для изучения движения в расплаве посторонних (шлаковых) частиц в пакете предусмотрена возможность моделирования движения шарообразных частиц заданного радиуса и плотности. Одновременное моделирование процессов заполнения формы расплавом и его затвердевание осуществляется в модуле «Заливка и Затвердевание».

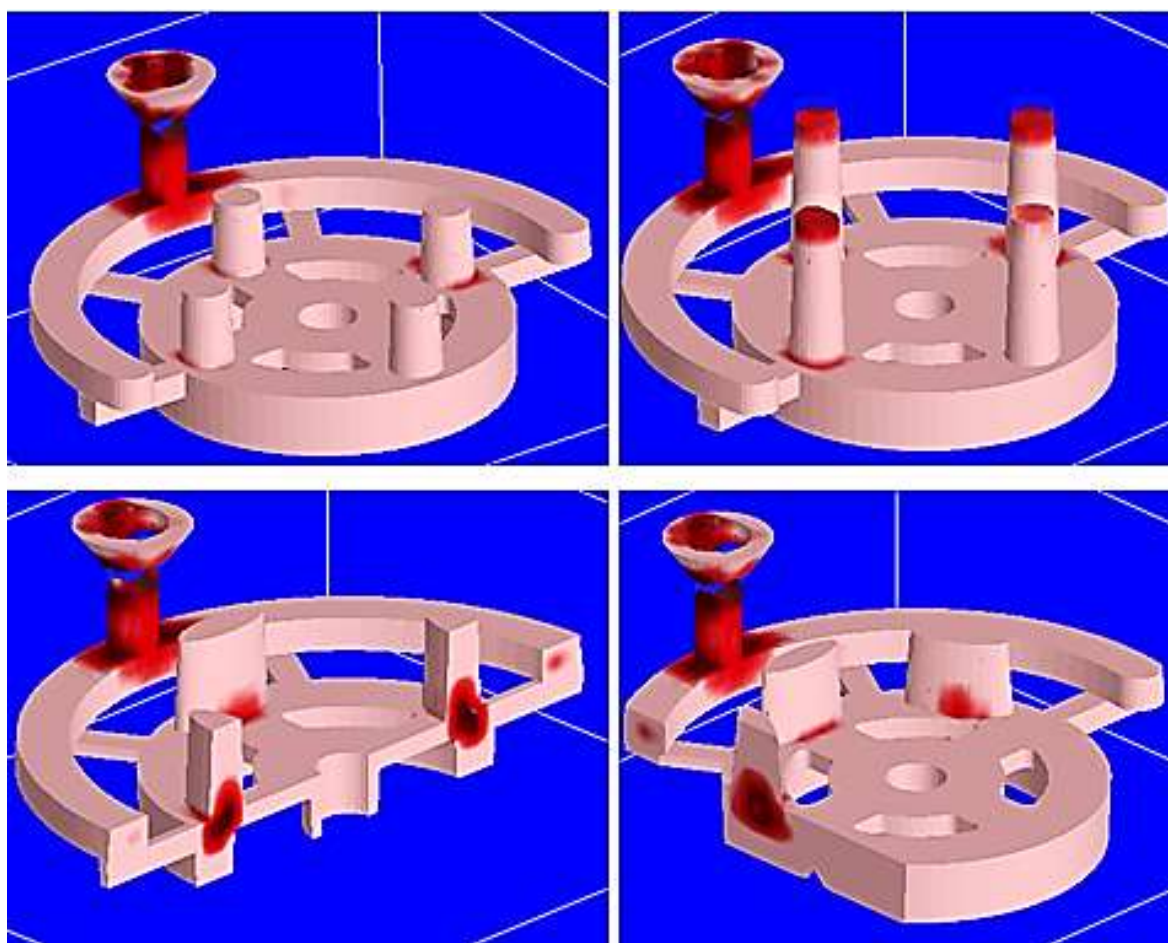


Рисунок 1 – Варианты расположения прибылей

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

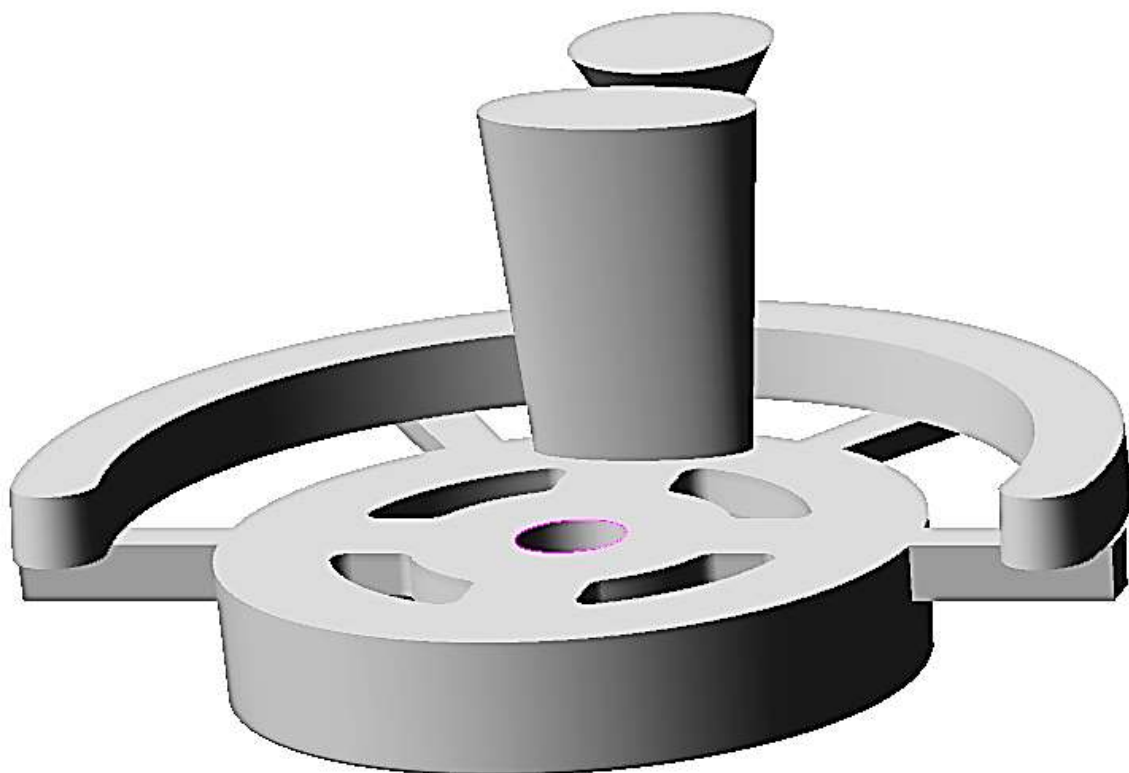


Рисунок 2 – Принятый вариант конфигурации и расположения прибыли

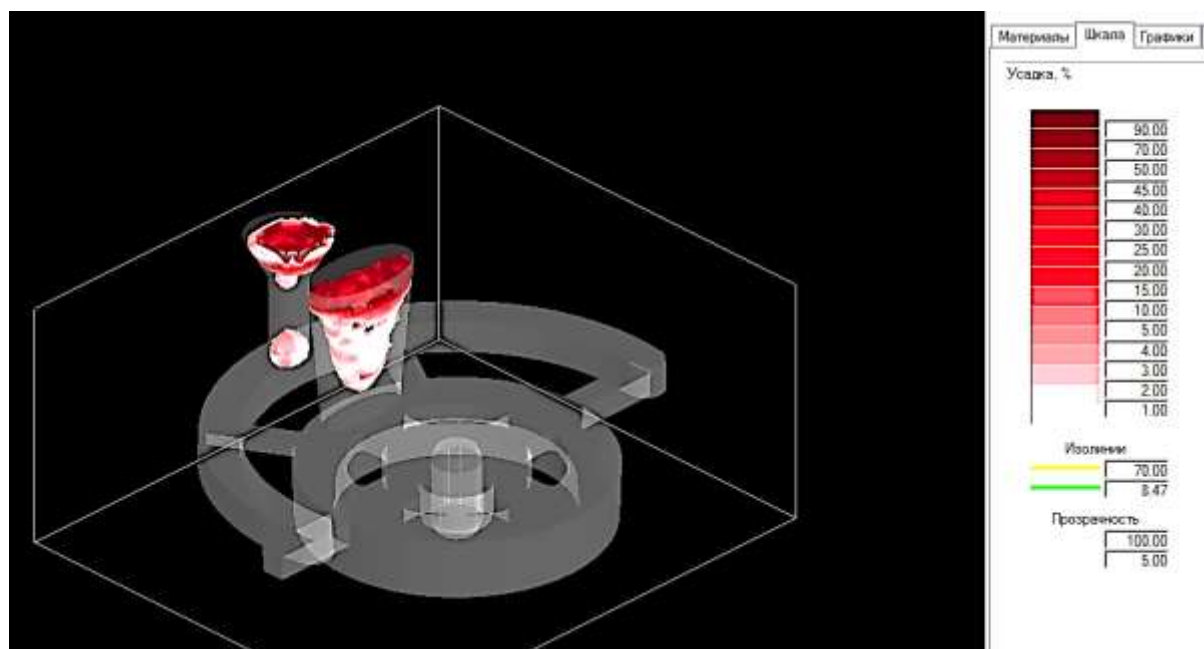


Рисунок 3 – Результат моделирования усадочных процессов

В каждом отдельном модуле процессы тепломассопереноса описываются замкнутой динамической системой уравнений, основанных на законах сохранения энергии, импульса, массы, уравнений состояния многокомпонентных сплавов, которые решаются на прямоугольной сетке методом Control Volume (CV) с автоматическим выбором шага интегрирования по времени.

На первом этапе исследования были рассмотрены различные варианты расположения прибылей. Однако проведенное компьютерное моделирование позволило выявить наличие дефектов усадочного происхождения непосредственно в отливках (рисунок 1).

Дальнейшее рассмотрение возможных вариантов расположения прибылей и проведение необходимых этапов компьютерного моделирования процессов заполнения формы расплавом и его затвердевания позволило скорректировать параметры литниково-питающей системы и разработать технологию получения отливки «шквив» без дефектов усадочного происхождения (рисунок 2). Результаты моделирования усадочных процессов представлены на рисунке 3.

Список литературы

1. Суслов, А. Г. Научные технологии в машиностроении / А. Г. Суслов, Б. М. Базров, В. Ф. Безъязычный и др.; под общ. ред. А. Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.
2. Марширов, В. В. Моделирование температурных полей при формировании биметаллических отливок / В. В. Марширов, И. В. Марширов // Литейное производство. – 2015. – № 8. – С. 33–35.
3. Марширов, В. В. Численное on-line моделирование процесса затвердевания отливок / В. В. Марширов, Л. Е. Марширова // Литейное производство. – 2015. – № 9. – С. 31–34.

Марширов Игорь Викторович¹ – к.т.н., доцент
Марширов Виктор Викторович² – к.т.н., доцент
Мустафин Геннадий Акрамович¹ – к.т.н., доцент
Москалев Владимир Григорьевич¹ – к.т.н., доцент

Назаров Сергей Валерьевич¹ – магистрант

¹ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия

² Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Нижний Новгород, Россия