

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ЛИТЬЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**И. В. Марширов¹, В. В. Марширов², Г. А. Мустафин¹, С. В. Назаров¹,
Ю. А. Беспалов¹, А. С. Новоселов¹, А. С. Нефедов¹**

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 гидродинамических и усадочных процессов отливки при литье под давлением.

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

FEATURES OF AUTOMATED DESIGN TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURE OF CASTINGS FOR CASTING BY PRESSURE

**I. V. Marshirov¹, V. V. Marshirov², G. A. Mustafin¹, S. V. Nazarov¹,
Yu. A. Bepalov¹, A. S. Novoselov¹, A. S. Nefedov¹**

¹ Altai State Technical University, Barnaul, Russia

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

The peculiarities of development of technology of making castings with the use of systems of computer simulation. The results of modeling of hydrodynamic and shrinkage processes of the casting in the casting under pressure.

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

Согласованно решить комплексную задачу конструирования, обеспечения прочности литых изделий и технологичности литейной формы возможно с применением современных программных сред CAD/CAE/CAM.

Развитие и адаптация в литейном производстве интегрированных систем автоматизированного проектирования (CAD), инженерных расчетов (CAE), подготовки производственно-технологических процессов (CAM) и управления проектом (PDM) предоставляет новые возможности для изготовления отливок и разработки литейных технологий гарантированного качества. При этом следует учитывать специфику литейного производства, которая заключается в многообра-

зии контролируемых факторов, взаимно влияющих друг на друга [1 - 7].

Эффективная эксплуатация сквозных систем проектирования в литейном производстве опирается на обобщенную информационную базу жизненного цикла изделия, в которой используется единая цифровая модель, включающая литую деталь, отливку с литниково-питающей системой, литейную форму и технологическую оснастку.

Правильный выбор конструкции и технологических параметров необходимо подтвердить расчетами в программе для анализа литейных процессов CAE. Существует большое количество программ систем комплексного моделирования с более широким функ-

ционалом и опытом в сфере литейного производства такие как: LVMFlow, Poligon, MagmaSoft, WinCast, ProCast, SolidCast, CastFlow. Вопрос выбора зависит от бюджета предприятия и его специфики выпускаемых изделий.

Литье под давлением заключается в том, что расплавленный металл заливается в камеру прессования специальной машины, а затем под действием поршня, перемещающегося в этой камере через литниковые каналы, заполняет полость металлической пресс-формы (рисунок 1), затвердевает под избыточным давлением и образует отливку. После затвердевания и охлаждения до определенной температуры из отливки сначала извлекаются металлические стержни, а затем пресс-форма раскрывается и толкатели удаляют отливку из пресс-формы

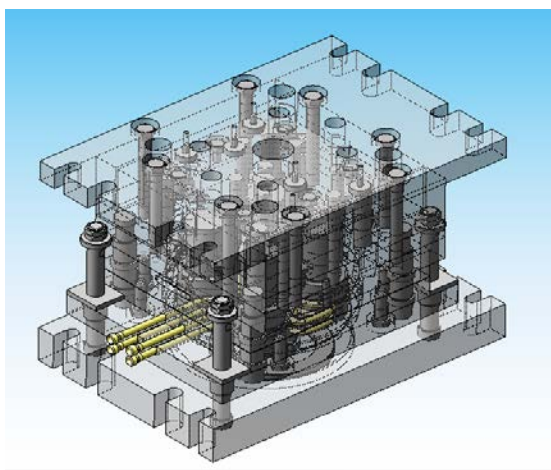


Рисунок 1 – Пресс-форма

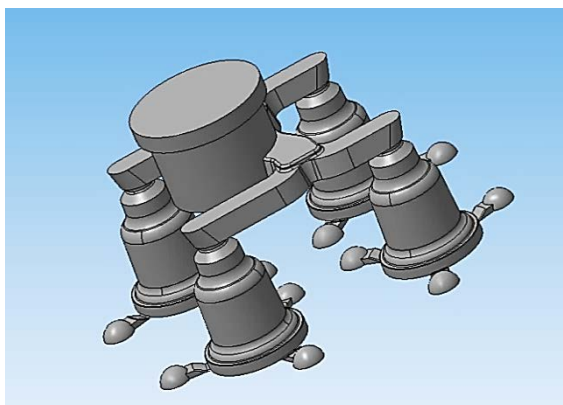


Рисунок 2 – Геометрическая модель куста отливок с литниковой системой

Таким образом, сущность процесса заключается в том, что форма заполняется расплавом под действием внешних сил, превосходящих силы гравитации, а затвердева-

ние отливки протекает под избыточным давлением.

Сочетание этих двух особенностей процесса позволяет получать отливки высокого качества. Чистая поверхность и точные размеры рабочей полости металлической пресс-формы, высокая скорость движения расплава позволяют резко сократить продолжительность заполнения, улучшить заполняемость и получить тонкостенные отливки сложной конфигурации с чистой поверхностью.

Внешнее давление на затвердевающий расплав и высокие скорости охлаждения его в металлической форме способствуют измельчению структуры металла в отливке, уменьшению усадочных дефектов, повышению механических свойств.

В данной работе использована российская программа компьютерного моделирования литейных процессов LVMFlow, которая уверенно входит в повседневную практику рядового технолога-литейщика и позволяет моделировать процессы заполнения формы расплавленным металлом под давлением с последующим его затвердеванием.

Наиболее дорогостоящая часть подготовки производства литых деталей – изготовление пресс-форм на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). В условиях мелкой серии стоимость оснастки оказывает заметное влияние на конечную цену отливки. И, что не менее важно, качество изготовления литейной оснастки определяет зачастую и качество литых деталей, а значит функциональность изделия в сборке. Правильно сконструированная и тщательно выполненная оснастка обеспечивает высокий класс точности отливок, снижает литейный брак, повышает производительность труда, сокращает затраты на механическую обработку заготовок. Пресс-формы для литья под давлением представляют собой сложный и точный механизм. Выполнение различных этапов работы с использованием единой цифровой модели в обобщенной среде CAD/CAM обеспечивает минимум ошибок и затраченного времени.

Согласно общей концепции объемного конструирования литейной оснастки, на начальном этапе CAD создаются 3D-модели литой детали и отливки с литниково-питающей системой, связанные общими построениями. Затем куст отливок с литниково-питающей системой и средствами направленного охлаждения подвергается инженерному анализу CAE. В случае положительных результатов анализа на заключительном эта-

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ЛИТЬЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

пе CAD с использованием ранее выполненных построений проводится объемное конструирование необходимой технологической оснастки, в том числе для литья под давлением – пресс-формы.

Предварительная проверка технологичности проекта и ожидаемого качества литого металла основана на компьютерном моделировании литейных процессов заполнения формы расплавом и его затвердевания при направленном охлаждении. Компьютерному моделированию подвергают куст отливок с литниково-вентиляционной системой, конфигурацию которой изменяют и вновь проверяют до получения приемлемого уровня дефектно-

сти анализируемых отливок. Наилучший вариант геометрии используют в дальнейшем для оформления полости при объемном конструировании пресс-формы. В случае технологий литья под давлением алюминиевых сплавов важными факторами, определяющими формирование отливки, являются давление в камере прессования и пресс-форме, скорость впуска жидкого металла в форму, геометрия и параметры литниково-вентиляционной системы, температура заливаемого металла, температура прогрева формы, интенсивность охлаждения, режим смазывания оформляющей поверхности формы, теплофизические свойства сплавов и материалов.

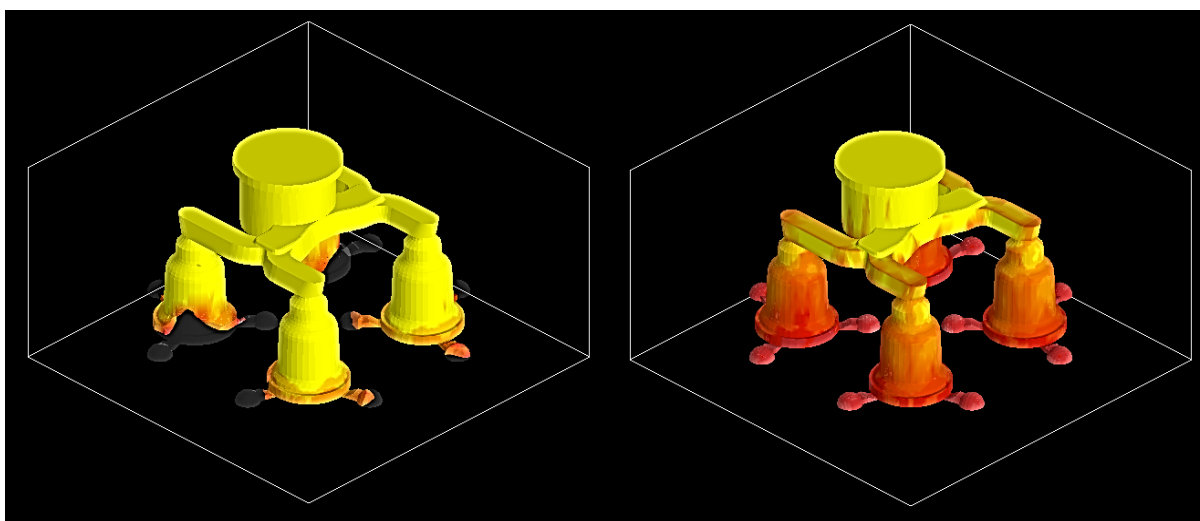


Рисунок 3 – Заполнение расплавом пресс-формы

Все перечисленные параметры можно изменять в настройках компьютерной программы, подбирая оптимальные значения. Достоверность компьютерных расчетов зависит от точности исходных данных, прежде всего - теплофизических свойств и адекватности используемых математических моделей.

В ходе представленной работы была разработана литейная технология для отливки «Крышка» (данная отливка изготавливается из алюминиевого сплава АК9ч). Для построения геометрической модели данной отливки использована CAD-система SolidWorks. Моделирование литейных процессов выполнялось посредством применения CAE-системы «LVMFlow».

Основными этапами выполнения работы являлись:

– построение геометрической модели детали;

– разработка геометрической модели отливки;

– расчет элементов литниково-питающей системы (ЛПС);

– моделирование усадочных процессов (образование макро- и микропористости), а также решение тепловой и гидродинамической задач;

– разработка геометрических моделей модельной оснастки и рабочих чертежей для изготовления отливок.

По чертежу детали построена 3D модель отливки (рисунок 2) со всеми технологическими элементами ЛПС.

Для решения гидродинамической задачи при моделировании в СКМ «LVMFlow» использовали модуль полной задачи (рисунок 3). Дальнейшие этапы моделирования в СКМ «LVMFlow» с проведением последующей корректировки ЛПС позволили разработать

