

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТЛИВКИ КОРПУСОВ
ПРИБОРОВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Аюшеев М.С., Костюченко Т.Г

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: muncko94@mail.ru

DESIGNING GATING SYSTEM FOR CASTING OF CASES OF DEVICES OF SPACE APPOINTMENT

Ayusheev M.S., Kostyuchenko T.G.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Kostyuchenko T.G.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: muncko94@mail.ru

Литейное производство является одним из самых высокопроизводительных, быстрых, универсальных и экономичных методов формирования металлических изделий. Это одна из наиболее важных отраслей промышленности в машиностроении. Однако получение отливки, удовлетворяющей всем требованиям, зависит от правильной конструкции литниковой системы. Создание технологических процессов, которые обеспечили бы высокую эксплуатационную жизнь для деталей космического назначения счет получения высококачественных отливок с заданной структурой и свойствами, всегда было и остается важной задачей. Современные программные обеспечения для проектирования литниковых систем оптимизируют виртуальные модели так, чтобы реальные конструкции литниковых систем идеально подходили для создания отливок с необходимыми свойствами с первого раза. При этом эти программы прогнозируют усадочное поведение литьевых деталей, распределение тепла, скорость затвердевания отливки и другие необходимые характеристики.

Foundry is one of the most highly-productive, fast, universal and cost-effective methods of metal ware molding. It is one of the most important industries in mechanical engineering. However receiving casting which meets all requirements depends on the correct design of gating system. . It was always important to create such technological processes which would ensure high operational life of parts by production of high-quality castings with the given structure and characteristics. Modern software design gating systems optimize virtual model so that the actual design of gating systems ideal for making castings with desired properties from the first time. These programs forecast the shrinkage behavior of molded parts, heat distribution, solidification speed and other necessary characteristics.

Правильный подбор литниковой системы для выплавляемой модели – долгий и трудоемкий процесс, требующий значительных средств. Современные технологии проектирования дают возможность рассчитать литниковую систему и смоделировать процесс литья на основе этих расчетов. Моделирование и расчет литниковой системы позволяют определить, какие дефекты возникают в отливке на стадии проектирования. Результатом моделирования является распределение векторов скорости потока и температуры. Моделируется процесс охлаждения и кристаллизации, а также заполнение формы. Анализируя эти данные и меняя характеристики литниковой системы, можно достичь очень высокого качества отливки.

В современных условиях проектирование устройств космического назначения имеет тенденцию к сокращению сроков проектирования при возрастающих требованиях к прочностным характеристикам. Это оказывает воздействие на совершенствование технологии проектирования деталей. Наличие компромисса между проектированием конструкции деталей, проектированием и реализацией технологического процесса их изготовления – определяющий фактор обеспечения заданных эксплуатационных характеристик и надежности [1].

Качество процесса литья и правильный подбор конструкции литниковой системы напрямую связаны с качеством выплавляемой модели. Конструирование литниковой системы в настоящее время большей частью базируется исключительно на опыте инженера-конструктора, поэтому существует потребность в автоматизации процесса проектирования литья с использованием CAD-систем. Моделирование процесса литья, затвердевания и наполнения с использованием новейших технологий дает

возможность исключить возможные дефекты литья на ранних этапах проектирования, что является огромным прорывом в области машиностроения. Таким образом, моделирование и проектирование процесса литья с помощью современных специализированных компьютерных программ помогает в несколько раз снизить производственные затраты и повысить производство и качество литья.

Процесс моделирования и конструирования литниковой системы начинается с создания твердотельной модели, функциональной модели поверхности, чертежей, технической спецификации. Подготовка производства корпусных деталей – наиболее важный этап, во время которого определяется возможность производства в условиях конкретного предприятия, разрабатываются 3D-модели, проводится моделирование и испытания. 3D модель создается с помощью САD-пакетов разного уровня, бесконфликтно работающих в средах проектирования литниковой системы. Затем моделируется процесс изготовления детали, а после анализа результатов моделирования вносятся изменения в литниковую систему детали или же в саму 3D–модель [1].

САD–системы, используемые для проектирования корпусных деталей, определяют функциональные поверхности, размерные характеристики, допуски конструкции и граничные условия, используя определенные модули, и на основе этих данных формируют параметрическую модель, в которой параметрическими являются толщины поверхностей и геометрические размеры. В процессе модернизации корпусных деталей повторно используются параметрические возможности моделей литниковых систем для оптимизации литейных свойств, происходит непрерывный обмен информации между конструктором и инженером-технологом [1]. Модели используются для исследования тепловых, структурных и механических характеристик. Для решения тепловой, прочностной и диффузионной задач с помощью дифференциальных уравнений применяют такие методы численного решения, как метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и метод граничных элементов. Имитационная модель и будет моделью изделия, на которой выполняются различные тесты, проверяют работоспособность и на основе результатов испытаний формируется окончательная модель литниковой системы. При создании литниковой модели литейные качества меняют, изменяя геометрию, пока не будут выполнены требования по усадке, заполнению отверстий, углублений.

Основной целью моделирования литейных процессов является расчет распределения тепла в выплавляемой модели по мере увеличения времени. Эта операция осуществляется в специализированных модулях. Основное уравнение теплопередачи определяется законом теплопроводности. Это частное дифференциальное уравнение зависимости температуры T от времени t в декартовых координатах x, y, z , где ρ - плотность, C_p - теплоемкость и λ – теплопроводность [2]:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

Таким образом, производная по времени температуры в точке определяется потоком количества теплоты и члена, описывающего источник и отвод тепла. При использовании дискретных уравнений в частных производных и метода конечных элементов с граничными условиями, за один временной шаг можно решить одну систему линейных уравнений.

Распределение температуры при заполнении формы для одного из вариантов конструкции литниковой системы показано на рисунке 1.

Зазор появляется между отливкой и кристаллизатором в процессе затвердевания и охлаждения жидкого металла, что оказывает влияние на их теплообмен и условия затвердевания. Размер и форма зазора в каждом случае отличается в зависимости от способа литья, скорости нагрева пресс-формы и характера его

взаимодействия с затвердеванием металла [3]. Формирование и модификация зазора определяется тремя факторами: усадкой отливки, деформацией пресс-формы во время формования цикла, пластическим расширением обода под воздействием ферростатического давления [2].

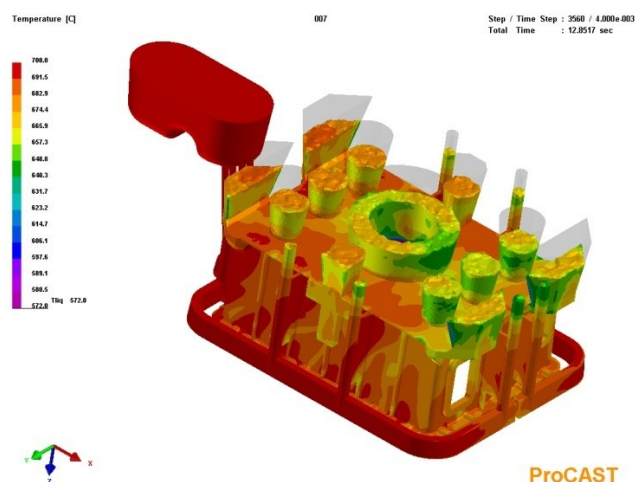


Рис. 1. Заполнение формы с распределением температуры металла: по цвету можно определить температуру жидкого металла, используя шкалу соответствия

Основной вклад в образование зазора и кинетику его изменения приносят два первых фактора. С изменением времени изменяется температурное поле кристаллизатора и отливки в течение цикла отвердевания последнего. Величина зазора складывается из суммы абсолютных значений усадки отливки и деформации кристаллизатора.

Образование усадки при затвердевании жидкого металла для одного из вариантов конструкции показано на рисунке 2.

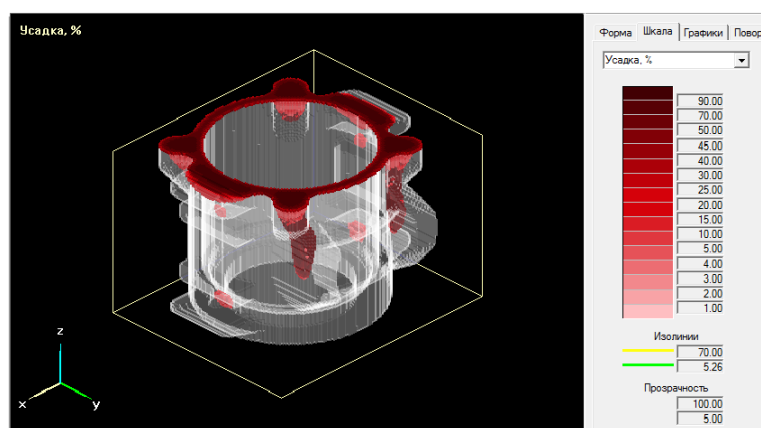


Рис. 2. Образование усадки при затвердевании жидкого металла

Современные программы компьютерного моделирования литейных технологий, основанные на физических теориях тепловых, диффузионных, гидродинамических и деформационных явлений, способны адекватно имитировать многие процессы, происходящие при заполнении расплавом формы, при кристаллизации многокомпонентного сплава и дальнейшем охлаждении отливки.

Компьютерное моделирование литейных процессов и затвердевания стало необходимостью в литейном производстве. Параметризация позволяет быстро оптимизировать литейные свойства отливки, удовлетворяющим требованиям, в кратчайшие сроки. Созданные компьютерные программы могут прочитать файл STL, сложную твердотельную геометрию, показать вектор скорости, 3-D скорость и температурные поля, заполнение модели, распределение температуры заполнения формы и затвердевания [3]. Возможно рассчитать скорость и температурные поля для ламинарного и турбулентного потока при заполнении формы и процесса затвердевания. Численное моделирование может быть использовано для прогнозирования дефектов литья и улучшений характеристик процесса отливки при создании корпусных деталей приборов космического назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губин В.В., Акимов О.В., Алёхин В.И., Пензев П.С. Компьютерно-интегрированное проектирование тракторных деталей // Литейное производство. – 2015. – №12. – С. 26–29.
2. Галдин Н.М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов. – М.: Машиностроение, 1978. – 198 с.
3. Анисимов, И. Ф. Проектирование литых деталей. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
4. Бидуля, П. Н. Технология стальных отливок: учеб. пособие для металлург.и машиностр. вузов и фак. / П.Н. Бидуля. – М.: Металлургиздат, 1961. – 352 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБАСТНЫХ ОЦЕНОК

Карпенко М.А.

Научный руководитель: Буркатовская Ю.Б., к.ф.-м.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: karpenkomaria8990@gmail.com

STATISTICAL CLASSIFICATION OF THE REMOTE SENSING DATA BY USING ROBUST ESTIMATORS

Карпенко М.А.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Burkatovskaya Y.B.
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: karpenkomaria8990@gmail.com

Зачастую, при обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включающей в себя установление принадлежности зон на поверхности Земли к определенным кластерам, встает проблема статистической классификации данных ДЗЗ. Данные ДЗЗ содержат спектральные характеристики пикселей в разных диапазонах электромагнитного спектра. Для улучшения результатов обработки также используются текстурные характеристики, получаемые путем обработки спектральных характеристик групп пикселей, принадлежащих к определенным участкам земной поверхности. Таким образом, каждый пиксель характеризуется вектором различных характеристик. Для классификации вектора характеристик могут быть использованы как параметрические, так и непараметрические методы. При использовании параметрических методов обычно используется допущение о нормальности распределения пикселей класса, что не всегда верно. Непараметрические методы зачастую являются более точными, но обладают большей вычислительной сложностью. В данной работе рассмотрено использование параметрического метода для классификации данных при использовании как спектральных, так и текстурных характеристик пикселей. Так как данные ДЗЗ подвержены выбросам, и, соответственно, распределение обучающих выборок классов отлично от нормального, в работе был применен метод робастного оценивания для расчёта оценок для классификации. В работе приведены примеры результатов классификации при применении как робастного, так и стандартного методов оценивания.