

УДК 621.74

**Т.И.СУШКО, С.В.ИЛЬИНСКИЙ, Т.В.ПАШНЕВА**

ВУНЦ ВВС ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК ПРИ ЛИТЬЕ В КОКИЛЬ КАК СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА**

В настоящее время элементы имитации физических явлений и процессов, невыполнимых в натуральных экспериментах, широко применяются в литейном производстве на основе методов математического моделирования. Они рассматриваются как фундаментальное средство проектирования бизнес-процессов машиностроительных компаний для достижения наиболее важных показателей их деятельности и производственной цели. Моделирование процессов затвердевания отливок предполагает полный учет всех операций, определяющих конкурентоспособность продукции компании. Нахождение этого оптимального множества строится на математической модели, позволяющей находить наилучшее техническое проектное решение. Использование моделирующих литейных программ оказывается эффективным за счет иллюстрации физических явлений, имеющих сложное аналитическое представление, зрительного восприятия статической и динамической информации в графическом представлении, управляемости действия с возможностью изменения значений физических и геометрических параметров, определяющих результат. В немалой степени интерес металлургов к моделирующим программам связан с заменой реального физического эксперимента на компьютерный, который позволяет компании экономить производственные ресурсы и энергию, а также поддерживать имеющееся на предприятии оборудование. В модулях программы LVMFlow моделируются процессы заполнения, затвердевания, образования усадочных раковин и микро- и макропористости, гидродинамические явления движения жидкости при различных скоростях с учетом эффектов сжимаемости, турбулентности и теплопереноса. Численное решение задачи производится методом конечных объемов.

Цель работы - разработка и построение в САД-системе объемной модели отливки из бронзового сплава при литье в кокиль, анализ процесса литейной технологии посредством LVMFlow на основе визуализации объектов проектирования. В качестве объекта выбрали деталь «Колесо» из сплава БрА9Ж3Л, он хорошо зарекомендовавшим себя при литье в кокиль высокой жидкотекучестью (850мм), хорошей проливаемостью тонких элементов без рассеянной пористости, а сосредоточенные усадочные

раковины возможно технологически можно вывести в прибыль. Отливка ответственного назначения, ее масса 400 кг, рисунок 1.



Рисунок 1 – 3-D модель детали «Колесо»

Наиболее экономически выгодным для отливок такого класса является центробежный способ литья, но, возможности компании по данному ему ограничены отсутствием оборудования. В программе трехмерного твердотельного моделирования SolidWorks Russia, с помощью модуля «Эскиз» вычерчивали объемную модель отливки и систем питания с наличием стержней, утеплителей, наполнителей, холодильников, фильтров (рисунок 2) для конвертации формат STL и загрузки в модуль программы LVM Flow.

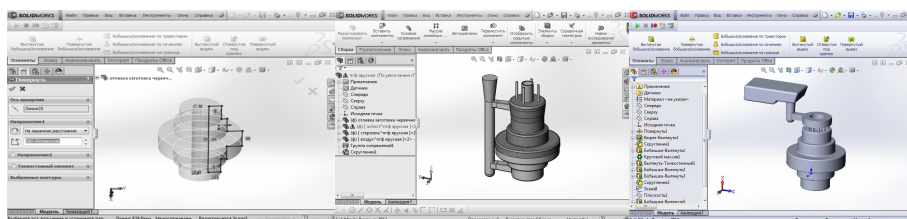


Рисунок 2 – Объемная трехмерная модель отливки и системы питания

В модуле «Начальные условия» были заданы: материалы элементов формы (кокиль, стержень, термоизоляционное покрытие) согласно граничным условиям с учетом геометрии отливки и «Банка данных» программы; параметры теплоотвода в различных направлениях по осям, сетка для решения уравнения тепломассопереноса, условия теплообмена, а именно толщина противопригарного покрытия (порядка 1мм в области отливки и 2 мм в области прибыли); тепловое покрытие (асбест) толщиной 2мм; а также начальные температуры формы и заливаемого металла - температура нагрева кокиля (чугун ВЧ – 45) порядка  $300^{\circ}\text{C}$ , температура заливки бронзы от  $1150$  до  $1180^{\circ}\text{C}$  в соответствии с бинарной фазовой диаграммой состояния. Расчетные данные процесса заливки и затвердевания отливки «Колесо» с образованием усадочной раковины порядка 1,8 % от общей массы отливки с системой питания представлены на рисунке 3. Основная часть раковины располагается в прибыли, а ее некоторая затрагивает тело отливки. Наибольшая величина критерия Нийямы составляет 0,2,  $\text{K} \cdot \text{c}/\text{мм}$  и в этих местах возникают очаги микропористости.

