

УДК 621.74.043.1

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СИЛУМИНОВЫХ ОТЛИВКАХ**

Мачульский Даниил Васильевич

*Магистр 2 года,**кафедра «Литейные технологии»**Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана**Научный руководитель: О.А. Зарубина**кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные технологии»*

Целью работы является изучение возможностей пакета программ FLOW-3D v.11 в рамках моделирования распределения окисных включений в силуминах. Для задания генерации и последующего движения частиц были рассмотрены физические блоки «Particles», «Surface tension» и «Viscosity and turbulence», опираясь на результаты исследований зарубежных литейщиков [1]. Более детально было рассмотрено влияние restitution coefficient на подвижность частиц, сталкивающихся со стенками литейной формы, и выявлена следующая зависимость:

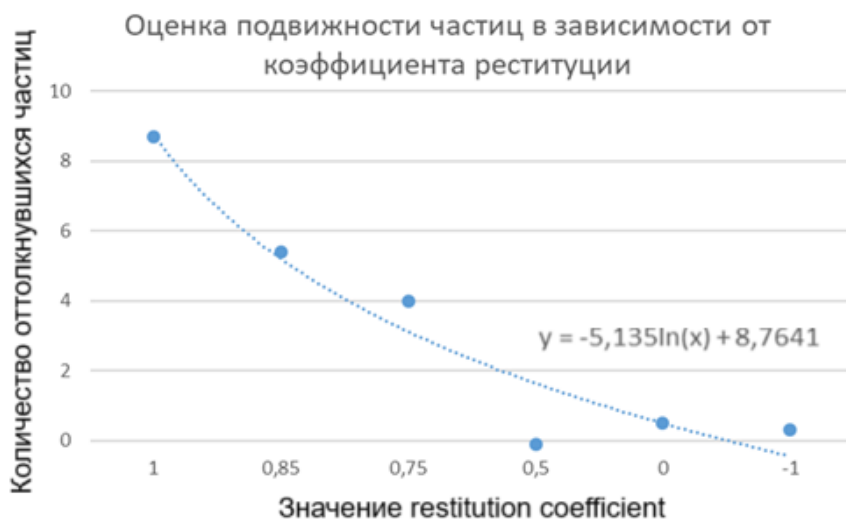


Рис. 1. Зависимость подвижности частиц от значения restitution coefficient

Учитывая полученные данные, был рассмотрен вариант задержания частиц сетчатым фильтром, ожидая получить результат, аналогичный практике. Однако было выявлено, что частицы большего размера, чем размер ячейки фильтра на просвет, могут беспрепятственно проходить через модель фильтра.

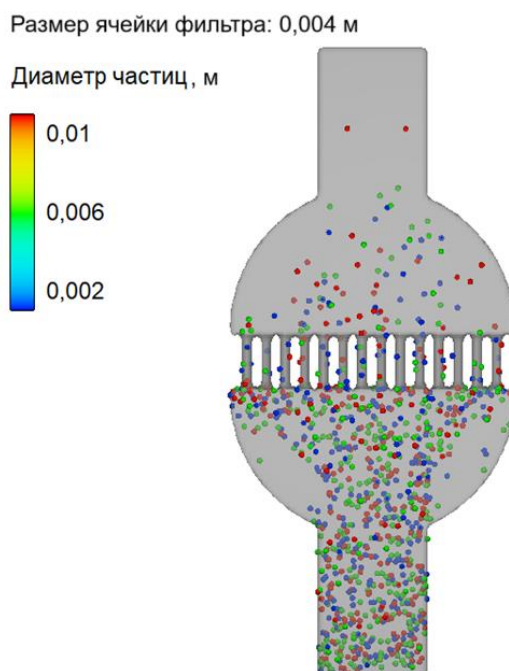


Рис. 2. Моделирование прохождения частиц через 3D модель фильтра

Также был изучен физический модуль «Porous media», предназначенный для моделирования пористых тел с помощью задания параметров пористости фильтра, значений его лобового сопротивления, учитывающих также реологические свойства заливаемого сплава. Полученные результаты показали, что пористые тела во FLOW-3D v.11, заданные с помощью модуля «Porous media», не создают преград для массовых частиц, однако могут создавать значительные сопротивления потоку металла, что может сказаться на траекториях движения частиц.

Ввиду оказавшейся невозможности промоделировать механическое отделение частиц (моделирование с 3D моделью фильтра) и глубинное фильтрование (путем задания пористого тела) было решено сконцентрировать внимание на роль конструкции литниковой системы в рафинировании расплава. Были рассмотрены различные конструкции зумпфов, предложенных в справочниках [2,3]. В итоге, наилучшим образом в задержании частиц показали себя сферический зумпф, предложенный Н.П. Дубининым, и конструкция цилиндрического зумпфа с изгибающимся коллектором, рассмотренным в справочнике Галдина [2]. Выбранные зумпфы было решено проверить на моделировании заливки отливки «Крышка», однако для более достоверного распределения частиц, необходимо уточнить размеры окисных включений. С помощью формулы седиментационного диаметра окисные пленки были сведены к сферическим частицам, задающимся в пакете программ FLOW-3D.

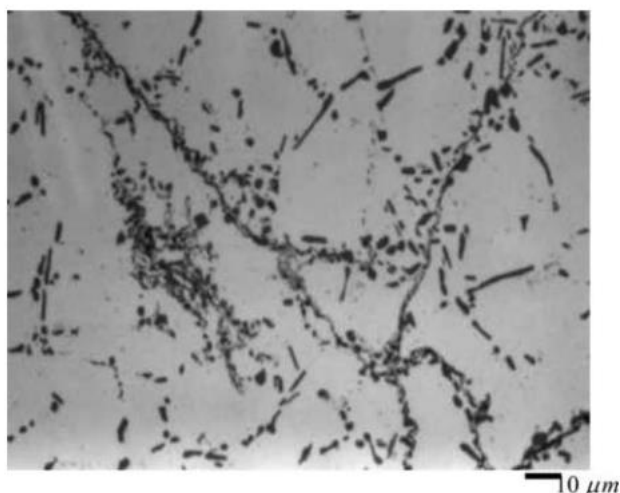


Рис. 3. Шлиф алюминиевого сплава с окисными включениями [4]

Таблица 1 – Размерные характеристики приведенных групп частиц

Группа	Средние размеры, мкм	$d_c$ , мкм	$d_{\Sigma}$ , мкм
1	130×130×4	11,30	48,61
2	16×16×4	8,00	12,20
3	5×5×4	4,62	5,66

На основе полученной информации было проведено моделирование заполнения отливки «Крышка», в ходе которого было также проведено сравнение законцовок коллектора: обычный закругление коллектора и установка промывника, предложенного в работе [5]. По итогам моделирования наилучшую способность продемонстрировала литниковая система со сферическим зумпфом Дубинина, однако также было замечено положительное влияние установки промывника в конце коллектора на задержание частиц при использовании менее удачных конструкций зумпфа. Данный эффект связан с тем, что промывник принимает первую порцию металла, насыщенного окисными включениями.

В ходе работы над моделированием распределения окисных частиц и способах рафинирования расплава были уточнены задаваемые характеристики массовых частиц, в том числе их размеры, сформированы рекомендации при выборе конструкции зумпфов и установки дополнительных элементов литниковой системы. Однако были выявлены трудности в моделировании фильтрующих элементов, в результате чего рекомендуется рассматривать пористые тела для учитывания их гидравлического сопротивления в литниковой системе и использовать в этих моделированиях частицы, которые гарантировано на практике могут проходить через фильтр, для оценки загрязненности расплава мелкими окисными частицами.

### Литература

1. Modelling of the Effects of Entrainment Defects on Mechanical Properties in a Cast Al-Si-Mg Alloy: Yang Yue, William David Griffiths, Nicholas Green, School of Metallurgy and Materials, University of Birmingham, 2013.
2. Галдин Н.М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов / Н.М. Галдин. – М. : Машиностроение, 1978. - 195с.

3. Дубинин Н. П., Беликов О. А., Вязов А. Ф и др. Кокильное литье: Справочное пособие. - Москва : Машиностроение, 1967. - 460 с. : ил.; 22 см.
  4. M. Divandari, J. Campbell Oxide film characteristics of Al-7Si-Mg alloy in dynamic conditions in casting
  5. Зарубин А.М., Зарубина О.А. Управление скоростью течения расплава в форме при литье в кокиль алюминиевых сплавов/ Литейное производство, 2017
-