

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рыбинский государственный авиационный  
технический университет  
имени П.А. Соловьева»  
(РГАТУ имени П.А. Соловьева)

Пушкина ул., д. 53, Рыбинск,  
Ярославская обл., 152934.  
Тел. (4855) 28-04-70. Факс (4855) 21-39-64.  
E-mail: [root@rgata.ru](mailto:root@rgata.ru)

13.09.2021 № 0806/2819

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Изотова Владимира Анатольевича  
на диссертационную работу Зарубиной Ольги Александровны  
«ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ТЕЧЕНИЯ СИЛУМИНОВ ПО  
КАНАЛАМ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ОТЛИВКИ ОКСИДНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.3. – «Литейное производство»

### Актуальность работы.

На предприятиях двигателестроения применяются различные алюминиевые сплавы, но все они имеют особенность высокое сродство к кислороду, приводящее к появлению большого количества оксидных плен на стадии плавления расплава и к вторичному шлакообразованию и пористости, что приводит к повышенному количеству брака и снижению физико-технических характеристик отливок. При всех современных возможностях литейного производства количество брака при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов не уменьшилось. Это указывает на то, что многие процессы протекающие в форме до сих пор являются темными

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

20 09 2021 г.

пятнами и не учитываются математическими моделями, соответственно и не присутствуют в пакетах моделирующих программ.

Основные виды брака при гравитационном литье в металлические формы – это пористость, плена, снижение технических характеристик.

Автор пытается решить задачи снижения количества этих видов брака за счет изучения процессов окисления и факторов, влияющих на этот процесс успешно применяя как физическое, так и цифровое моделирование.

Актуальность работы также соответствует направлениям развития науки и техники и перечню критических технологий Российской Федерации. На основании глубокого аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы автором показана необходимость решать проблемы качества получаемых отливок за счет изучения процессов происходящих в полости формы с применением новых появившихся инструментов, обеспечивая новый уровень знания. Поэтому вполне обоснованно сформулирована цель и задачи исследования.

В результате проведенных исследований и их анализа автором разработаны методы снижения загрязненности отливок оксидами, оценка степени загрязненности на стадии разработки технологии литья, по критерию разработанному автором и методике определения параметров реологической модели расплава, дополнительные меры по сокращению сосредоточения окислов в наиболее нагруженных частях отливки.

Значимыми являются не только полученные результаты, но и методики оценки загрязнения оксидами отливок из алюминиевых сплавов, методики прогнозирования заполняемости форм полученных автором с применением реологических моделей и умелое использование современных пакетов прикладных программ при сравнительном моделировании.

Автор проделал не только научную работу, но и довел все результаты до практического применения, что подтверждается материалами, представленными в работе по практическому использованию результатов в условиях реального производства.

## Общая характеристика работы.

Проведен анализ зависимости механических свойств отливок от степени загрязненности оксидными включениями. Рассмотрены факторы, оказывающие существенное влияние на кинетику окислительных процессов. Оценены преимущества и недостатки использования нижних, боковых и верхних ЛС при литье в кокиль. Рассмотрены методики оценки вероятности загрязнения отливки оксидными включениями, проанализированы их преимущества и недостатки. Обоснован выбор материала силумин АК9 для исследования. На основании литературного обзора и анализа данных сформулированы цели и задачи исследований, выполненных в работе.

Разработан критерий загрязненности металла оксидными включениями, позволяющий прогнозировать степень поражения отливки оксидными пленами и их фрагментами по результатам численного моделирования заливки формы. Доказана возможность его применения путем сравнительного анализа результатов численных экспериментов, выполненных в работе, с результатами натуральных исследований. Оценено максимально возможное количество оксидов, образующихся в каналах и полостях металлической (газонепроницаемой) литейной формы при ее заполнении алюминиевым сплавом. Выявлены реологические свойства доэвтектического силумина находящегося в интервале кристаллизации и имеющего разрушенную структуру. Установлено, что в случае, когда кристаллизация отливки начинается до полного заполнения рабочей полости формы численное исследование течения расплава возможно путем применения упруго-вязко-пластической модели Ньютона - Прандтля. Установлено значение  $\sigma$  пластичности сплава АК9, при котором происходит остановка потока.

Предложено применение критерия  $K_{OF}$  при исследовании влияния технологических факторов на степень загрязненности отливки оксидными включениями. Разработаны дополнительные элементы литейной формы, способствующие уменьшению количества оксидных включений в теле отливки. Установлено значение толщины оксидной пленки, образующейся на свободной поверхности расплава при использовании верхних литниковых систем. В качестве исследуемых технологических параметров были выбраны температура  $T_{зал}$  заливки

расплава и положение отливки в форме. Показано, что вязкость алюминиевых сплавов увеличивается с уменьшением температуры, существенное изменение этой характеристики происходит перед началом кристаллизации и дальнейшем снижении температуры расплава. Упруго - вязкопластическая модель, в большей степени соответствуют физическим представлениям о поведении расплава в форме при температуре ниже температуры ликвидуса. Произведена оценка влияния угла наклона полости формы на площадь окисления. Показана возможность управления скоростным режимом заполнения формообразующей полости кокиля на начальном, наиболее опасном с точки зрения образования оксидных включений этапе, путем применения специальных элементов литниковой системы.

Показаны примеры использования разработанной методики сравнительной оценки технологических решений. Результаты, обеспечили не только необходимые механические свойства отливок, но и значительное сокращение объема финишных операций и увеличение коэффициента использования металла. При реализации новых вариантов процессов использовались не только нижние и боковые, но и верхние системы подвода расплава. Проверка адекватности разработанной методики проводилась путем оценки технологических параметров процесса получения отливки «Поршень» и отливках электротехнического назначения «Корпус».

#### **Подтверждение опубликования основных результатов исследования.**

По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ, из них 10 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в зарубежном издании, входящем в МБЦ Scopus.

Личный вклад соискателя при выполнении работы не вызывает сомнения. Автореферат диссертации отражает содержание работы в полном объеме. Работа выполнена согласно стандартам и требованиям ВАК.

#### **Замечания по диссертации.**

1. Недостаточно полно проведена оценка влияния на загрязненность проточного и проточно-поперечного течения расплава в полостях литейных форм и прохождения потока через ребра, бобышки, углы.

2. Нет точного определения, что такое окислы в печи при плавлении и окислы при заполнении полости формы.

3. Вызывает сожаление полное отсутствие экспериментальных результатов, что может поставить под сомнение некоторые выводы.

### **Заключение.**

Недостатки, отмеченные в работе, не являются факторами, которые снижают качество научных исследований Зарубиной Ольги Александровны, и диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Работа выполнена на актуальную тему и позволит уменьшить затраты на получение отливок из алюминиевых сплавов с заданными свойствами. Считаю, что Зарубина Ольга Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3. – Литейное производство.

Профессор кафедры «Материаловедения, литья и сварки»,

д.т.н.

Изотов Владимир Анатольевич

e-mail: iva\_111k@mail.ru т.: 8 (905) 139-02-54

Почтовый адрес: 152934, г. Рыбинск Ярославской обл. ул. Гоголя, 21а, кв. 3.

Подпись Изотова В. А. заверяю:

Проректор по науке и цифровой трансформации

РГАТУ имени П.А. Соловьева

к.т.н.



Сутягин Александр Николаевич