

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

д-р физ.-мат. наук, доцент

Александр Викторович Гермаценко

«19» мая 2025



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» на диссертационную работу Биктимирова Рината Маратовича «Разработка технологических решений для получения литых изделий из алюминиевых сплавов, синтезированных из металлических отходов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – Литейное производство

В диссертационный совет НИТУ МИСИС.

Актуальность темы диссертации

Использование в производстве вторичной алюминиевой металлошихты решает комплексную задачу экономии природных ресурсов, в том числе энергетических, и снижения загрязненности окружающей среды. Препятствием к этому является чувствительность алюминиевых сплавов к неизбежно присутствующим во вторичной металлошихте водороду и кислороду. Поэтому задача разработки комплекса технологических решений, направленных на обеспечение гарантированного уровня качества литой продукции из вторичных алюминиевых сплавов является чрезвычайно актуальной.

Данное направление соответствует Отраслевой программе «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в промышленном производстве» на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2022 г. №13493п-П11). Высока заинтересованность промышленных предприятий к использованию в производстве вторичной металлошихты, поэтому работа выполнена в рамках реализации программ сотрудничества ФГБОУ ВО «СамГТУ» с ПАО «ОДК

Кузнецов» (г. Самара), АО «Авиаагрегат» (г. Самара) и ЗАО «Плавка и пайка» (г. Москва). На два последних предприятия поставлена продукция, изготовленная в Центре литейных технологий ФГБОУ ВО «СамГТУ» по разработанному, с участием диссертанта, технологическим процессам.

Научная новизна исследований, полученных результатов и выводов

Научная новизна диссертационной работы Биктимирова Р.М. содержит ряд новых научных результатов, подтвержденных экспериментально:

1. *Предложены и обоснованы дополнительные критерии* качества дисперсных отходов на основе алюминия (баночный лом, сыпучая стружка литейных сплавов и выюнообразная стружка деформируемых сплавов: критерий чистоты ($k_{\text{ч}}$), критерий контакта поверхности отходов с атмосферой печи ($k_{\text{А}}$) и критерий максимально возможного извлечение металла ($M_{\text{Ме}}$). Экспериментально подтверждена адекватность предложенных дополнительных критериев качества.

2. *Установлено*, что вовлечение в состав шихты отходов деформируемых сплавов обуславливает повышение эффективности модифицирования сплавов АК9ч и АМгбл при сокращении расхода лигатур AlSr (на 25%) и AlTi (на 30%).

3. *Выявлена экспериментальная закономерность*, показывающая влияние деформированных отходов (Д-шихты) и содержания водорода на плотность сплавов в жидком состоянии. Меньшим газосодержанием и повышенной плотностью характеризовались расплавы, полученные с применением Д-шихты. Установленные эффекты объяснены сохранением структурной информации в системе «шихта-расплав-литое изделие».

Таким образом, поставленная в диссертационной работе Биктимирова Р.М. задача решена с использованием предложенного критериального подхода к оценке качества вторичной металлошихты (баночный лом, сыпучая стружка литейных сплавов и выюнообразная стружка деформируемых сплавов), Целесообразность использования данных критериев подтверждена экспериментально.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость диссертационной работы Биктимирова Р.М. содержит ряд важных практических результатов, основанных на анализе экспериментальных данных и научно обоснованного подхода:

1. *Предложены* комплексные технологические схемы переплава сыпучих (литейные сплавы) и выюнообразных (деформированные сплавы) стружек, обеспечивающие металлургический выход годного 93-97% и химический состав в соответствии с требованиями ГОСТ 1583-93.

2. *Разработаны* технологические инструкции ТИ-ЛВТ-9 «Рециклирование сыпучей стружки литейных сплавов системы Al-Si» и ТИ-ЛВТ-10 «Рециклирование выюнообразной стружки деформируемых сплавов систем Al-Mg, Al-Cu».

3. *Предложены комплексные технологические схемы* получения рабочих сплавов АК9ч, АК12, АМгбл, соответствующих требованиям ГОСТ1583-93 по

химическому составу, с максимальным (80-100%) вовлечением в составы шихт деформированных ломов и отходов. Сплавы характеризуются измельченными параметрами основных структурных фаз и повышенными механическими свойствами.

4. *Разработана и освоена технология* получения припойного сплава АЗ4 в виде литых прутков малых сечений в условиях Центра литейных технологий ФГБОУ ВО СамГТУ (технологическая инструкция ТИ-ЛВТ-11 «Изготовление мелкокристаллического пруткового припоя АЗ4»).

5. *Разработана технология* производства отливок литьем по выплавляемым моделям из синтезированного сплава АК7ч (технологическая инструкция ТИ-ЛВТ-12 «Синтезирование сплава АК7ч с применением деформированных отходов»).

Основные практические результаты доведены до уровня технологических инструкций, на основании которых произведена качественная продукция: сплавы, модификаторы, отливки.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов, полученных в диссертации, обеспечена применением современных методов исследований и аналитического оборудования Центра коллективного пользования «Исследование физико-химических свойств веществ и материалов» СамГТУ, центральной заводской лаборатории АО «Авиаагрегат» (г.Самара);, соответствием результатов исследований, полученных автором, результатам других исследований в этой области. Научные результаты работы достаточно полно опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в том числе в международных БД WoS и Scopus, разработан лабораторный практикум, апробированы на конференциях всероссийского и международного уровня. Автореферат диссертации отражает ее содержание.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация изложена на 154 страницах, содержит 59 рисунков, 38 таблиц, а также список литературы из 122 наименований. Структура диссертационной работы состоит из 5 глав, заключения и основных выводов, списка литературы и 8 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, основные положения, выносимые на защиту, а также их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приведен обзор литературных данных, показывающий актуальность разработки технологий рециклирования металлических отходов и получения из них качественных рабочих сплавов на основе алюминия и литых изделий. Сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе представлены данные по применяемым и разработанным методикам, используемым при выполнении исследований. Разработана схема

исследований, обеспечившая преемственность и развитие ранее выполненных работ, оценить наследственное влияние рециклируемых ломов и отходов в системе «твердое-жидкое-твердое». Разработана конструкция и изготовлено устройство барабанного типа для магнитной сепарации стружки от железных приделков. Дано подробное описание методик проведения экспериментов, основного оборудования и методов исследования.

В третьей главе представлены результаты исследований по влиянию основных параметров рециклирования алюминиевых отходов на качество переплавов. Для качественной и количественной характеристики исследуемых ломов и отходов разработали ряд дополнительных критериев, учитывающих засоренность отходов инородными материалами, наличие следов лакового покрытия (для баночных отходов) и смазочно-охлаждающей жидкости (для стружки), а также площадь поверхности контакта с атмосферой. На основании разработанных качественных критериев выполнено ранжирование каждого вида отходов. Приведены результаты исследования по влиянию прямого переплава стружек на металлургический выход годного (МВГ) сплавов АК9ч и АМг6. Показано, что по оптимальным технологическим схемам МВГ достигает 93-97%. При этом сплавы характеризуются требуемым химическим составом и дисперсной равномерной макро- и микроструктурой.

В четвертой главе представлены результаты исследования по влиянию вида и количества отходов на структуру и свойства синтезированных сплавов на основе алюминия. Экспериментально подтверждена адекватность разработанных дополнительных критериев качества деформированных отходов и ломов при синтезировании сплавов АК7ч, АК12, АК6М2 и АМг5. На примере сплава АК9ч было показано, что экономное модифицирование добавками микрокристаллического переплава в количестве 1,5% (по массе) оказывает такое же воздействие на структуру и свойства, как и применение лигатуры AlSr10.

В пятой главе приведены результаты опытно-промышленной апробации, которые заключались в применении разработанных технологических решений для производства припоя из сплава А34 и фасонных отливок из сплава АК7ч. Результаты опытно-промышленных испытаний подтверждены актами приема-сдачи работ, использования и внедрения результатов работ.

В заключении даны основные выводы по полученным результатам диссертации. Выводы полностью отражают решение поставленных задач и достижение цели исследования.

В приложениях представлены материалы, подтверждающие использование результатов работы в научно-производственной деятельности. Тем не менее, к диссертации есть вопросы и замечания.

Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертационной работы опубликовано 14 работ, в том числе 8 статей в изданиях из перечня ведущих научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования (WOS и SCOPUS), 1 лабораторный практикум.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Технология рециклирования алюминиевых отходов, разработанная в диссертации Биктемирова Р.М., рекомендуется к внедрению на следующих литейных предприятиях: ПАО «ОДК-Кузнецов» (г. Самара), АО «РКЦ-Прогресс» (г. Самара), АО «КМПО» (г. Казань), ООО ЭПО «Сигнал» (г. Энгельс), АО «КУЛЗ» (г. Каменск-Уральский). Особо следует подчеркнуть, что внедрение результатов работы доступно малым литейным предприятиям.

Продолжение и развитие научных исследований в вопросе рационального рециклирования алюминиевых сплавов можно рекомендовать научным коллективам СФУ (г. Красноярск) и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (г. Санкт-Петербург).

Замечания и вопросы по работе

Однако, не смотря на высокие научный уровень и практическую апробацию, по диссертационной работе Биктемирова Р.М. имеются замечания и вопросы:

1. Стр. 5. Лигатуры в п.2 научной новизны в диссертации и автореферате указаны не в соответствии с ГОСТ Р 53777-2010.
2. Нет внедрения предложенной технологии на промышленных предприятиях – партнерах.
3. Стр. 44. Как определялись параметры табл. 3.2. Почему масса засоров посторонними примесями больше массы банки? На каком основании взята средняя доля банок с засором 5%? Зачем использовать столь неоднозначный механизм определения критерия засоренности, если можно провести предварительное измельчение, отжиг для удаления лакокрасочного покрытия, а затем определить загрязненность аналогично стружке.
4. Стр. 45. Критерий контакта отходов с атмосферой называется «удельная поверхность». Однако с точки зрения облегчения учета потерь этот критерий необходимо переносить не на объем, а на массу. Удельная поверхность определяет долю оксида алюминия на поверхности вторичной металлошихты. Можно ли рассчитать по удельной поверхности долю оксида алюминия? Как это сделать? Следовало бы определять долю оксида алюминия в синтезированном сплаве.
5. Стр.56-57, 75-90. Как влияет удельная поверхность металлошихты на размеры фазовых составляющих сплава? Видно, что увеличение удельной поверхности дает модифицирующий эффект. Какой механизм этого влияния?
6. Стр. 66. Утверждение «В структуре сплава не содержится шлаковых включений, газовых раковин и пористости» не может соответствовать действительности. Надо указать конкретные параметры зоны поиска и размеров дефектов.
7. Стр.100-101. Почему в деформированных полуфабрикатах содержание водорода меньше, чем в толстостенных литых изделиях?
8. Стр. 118-126. Какое отношение имеет к теме диссертации решение конструкторско-технологической задачи изготовления отливки? А ведь можно

было скорректировать параметры решения этой задачи, определив, например, гидравлические и теплофизические свойства синтезированного сплава, которые будут отличны от аналога, изготовленного из первичных материалов.

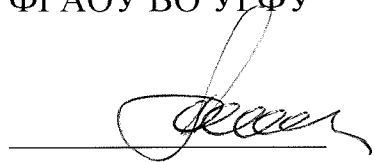
Заключение

Рассмотрев диссертационную работу в комплексе, можно сделать заключение, что, несмотря на высказанные замечания, представленная Биктимировым Р.М. диссертационная работа является самостоятельным завершённым исследованием в области использования вторичной алюминиевой металлошихты. Проведена значительная экспериментальная работа по разработке технологических режимов переплава вторичной алюминиевой металлошихты, основанных на оценке ее происхождения. Работа полностью соответствует требованиям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС П 710.05-24 от 18 апреля 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней.

Автор диссертации, Биктимиров Ринат Маратович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 - Литейное производство.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден единогласно на заседании кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н.Ельцина» (протокол № 05 от 15.05.2025 г.).

Д-р тех. наук по специальности 2.6.3 (05.16.04) – Литейное производство, профессор кафедры литейного производства и упрочняющих технологий ФГАОУ ВО УРФУ



Финкельштейн Аркадий Борисович

«16» мая 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Адрес: Российская Федерация, 620062, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Телефон: +7 (343) 375-44-44

E-mail: rector@urfu.ru