

Ученому секретарю  
Диссертационного совета Д 212.099 10  
Лесив Е.М.

-----  
660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, д.95  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
Чеглакова Владимира Викторовича на тему:

**«Совершенствование технологии выплавки  
автоматных алюминиевых сплавов с целью  
получения литых заготовок с заданными  
структурой и свойствами»**

по специальности 05.16.04 – Литейное производство

Кандидатская диссертация изложена на 112 страницах, включая введение, четыре главы, заключение, 54 рисунка, 9 таблиц, список литературы из 76 источников и 2 приложения.

Главным вектором развития алюминиевой отрасли в последние годы стала тенденция увеличения производства продуктов высокоэффективного уровня обработки, где востребованным продуктом на мировом рынке потребления алюминия являются алюминиевые сплавы. Лидер Российской алюминиевой отрасли ОК РУСАЛ (UC RUSAL) активно развивает литейное производство и планирует увеличить долю сплавов до 70-75% в общем объеме выпуска продукции.

В настоящее время при производстве прокатных и экструзионных слитков, полуфабрикатов и изделий из алюминиевых сплавов большое внимание уделяется получению гомогенной структуры сплава с целью повышения деформационных свойств, эффективности металлообработки, снижению отходов и повышению качества продукции.

**Актуальность** диссертационной работы Чеглакова В.В. заключается в повышении качества алюминиевых сплавов, которые предназначены для автоматических линий резания. Автоматные алюминиевые сплавы дополнительно легированные легкоплавкими компонентами (свинец, олово,

висмут) образуют в структуре слитка нерастворимые твердые растворы, которые способствуют ломкости стружки, снижению шероховатости и исключению брака при обработке резаньем. Известно, что в монотектической системе алюминий-свинец невозможно создать однородную структуру и получить качественный слиток в связи с неравномерным распределением свинцовых фаз с оптимальными размерами. Тема диссертации направлена на разработку состава лигатуры алюминий-свинец с целью создания технологии равномерного распределения в алюминиевом расплаве и слитках диспергированных частиц свинца.

**Научная новизна полученных результатов** включает в себя экспериментально установленные закономерности изменения скорости охлаждения и времени кристаллизации гранул в зависимости от их размера и условий охлаждения. Обоснование механизма образования в структуре гранул включений (частиц) второй фазы богатых свинцом различных размеров в зависимости от температуры. Анализ и закономерность распределения частиц свинцовой фазы по сечению слитка с формированием равномерной мелкозернистой структуры при легировании расплава гранулами лигатурного сплава системы Al-15%Pb. Возможность получения слитков из автоматного сплава с дисперсными включениями свинца за счет его модифицирования оловом и понижением температуры гомогенизации с 1100 °С до 750-720 °С.

**Практическая значимость работы** заключается в применении разработанного метода математического моделирования теплообмена в процессе гранулирования расплава лигатурного сплава системы Al-15%Pb. В достоверности обоснования разработанных технологических режимов гранулирования лигатурного сплава, снижающих расслаивание несмешиваемых жидких фаз и получение гранул с дисперсными включениями свинцовой фазы. В техническом решении и применении на практике разработанного способа получения лигатурного сплава системы Al-15%Pb. Разработанной новой эффективной технологии приготовления автоматного алюминиевого сплава в транспортном ковше с применением электромагнитного перемешивания и определения оптимальных параметров технологического процесса на основе численно-математической модели диспергирования свинца.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, приведены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту и их научная новизна.

**В первой главе** проведен анализ современных тенденций развития производства автоматных сплавов, рассмотрены проблемы качества слитков из алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими компонентами. Обзор научно-технической литературы, выполненный Чеглаковым В.В.,

содержит значительный объем информации по теме работы, включая новые публикации в ведущих зарубежных и отечественных журналах. Результаты проведенного обзора подтверждают целесообразность проведения новых исследований технологических процессов плавки и литья цилиндрических слитков из алюминиевых сплавов легированных свинцом. На основании литературного обзора по технологическим особенностям приготовления алюминиевых сплавов сделаны основополагающие выводы для выполнения диссертационной работы.

**Во второй главе** приведены данные о применении методик, используемых при исследованиях. Дана характеристика объектов исследований, в качестве которых были выбраны исходные материалы для приготовления сплавов с несмешивающимися компонентами. Объективно представлено описание технологии, оснастки и лабораторного оборудования для получения гранульной и брикетированной лигатуры, для изготовления опытных образцов автоматных сплавов и исследования их поверхностных свойств. Убедительно и неоспоримо выбраны характеристики и устройство для приготовления автоматных сплавов в транспортном ковше с использованием брикетированной лигатуры и электромагнитного перемешивания.

**В третьей главе** представлены результаты исследований по разработке технологии получения автоматных алюминиевых сплавов с применением литых гранульных лигатур системы алюминий-свинец. С целью определения технологических параметров гранулирования разработана математическая модель процессов теплообмена при литье гранул на лабораторной установке, позволяющая получать гранулы заданных размеров. Успешно проведенный термоанализ предоставил возможность установить, что содержание свинца в гранулируемом сплаве не должен превышать 15% (масс.), а температура перегрева расплава не должна превышать 1100 °С. Адекватно выбранное численное решение математической модели и экспериментальные данные позволили оценить основные характеристики процесса кристаллизации гранул сплава Al-15%Pb. Полученная в лабораторных условиях эффективность применения свинец-содержащей гранульной лигатуры апробирована при получении слитка диаметром 320 мм из сплава марки 2007 в условиях ООО «КраМЗ». Анализ экспериментальных результатов в промышленных условиях позволил установить, что уменьшение размеров свинцовых включений достигается увеличением степени переохлаждения или применением модифицирующих лигатур, а снижение гравитационной ликвации можно достичь перемешиванием расплава и повышением скорости охлаждения при выходе слитка из кристаллизатора.

**В четвертой главе** исследовано влияние применения гранульной лигатуры алюминий-свинец на качество слитков автоматных алюминиевых

сплавов, полученных с мелкодисперсными включениями свинца в транспортном ковше. На основе гидродинамической численно-математической модели успешно определены скорости жидкого алюминия в ковше, равные 0,8-1,3 м/с. Расчетами подтверждено, что при интенсивном движении алюминиевого расплава свинец эффективно диспергирует в расплав алюминия во всем объеме ковша. Эксперименты проводили в литейном цехе ООО «КраМЗ». Установлено, что оптимальная интенсивность перемешивания расплава в транспортном ковше с помощью МГД-источника достигается при температуре расплава 775-742 °С, а максимальный эффект распределения и диспергация свинца связан с модифицированием расплава оловом в количестве 0,1-0,2%, где выявлена зависимость снижения температуры расплава до 710-750 °С. Эффективность распределения свинцовых фаз и модифицирования анализировали по разработанным методикам. По результатам промышленных исследований установлено, что механические свойства прутков (прочностные характеристики, пластичность) с уменьшением размеров свинцовых фаз повышаются.

**В заключении** представлены основные выводы и результаты диссертационной работы. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, каждая глава содержит важные результаты научных исследований и сопровождается развернутыми выводами. Результаты внедрены в учебный процесс и используются при обучении магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия» и магистерской программе 22.04.22.07 «Теория и технология литейного производства цветных металлов и сплавов» и аспирантов по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

В диссертационной работе отмечены следующие замечания и вопросы:

1. Из работы не понятно, почему в гранулированной лигатуре оптимальным считается содержание свинца 15%?
2. Равномерное и регламентированное введение в расплав гранул лигатуры при литье считается «проблематичным», почему автор не проработал вопрос введения гранул в расплав, например прутком?
3. В работе отмечено, что модифицирование расплава лигатурами Al-Ti-B, Al-Ti-C приводит к уменьшению размеров частиц свинца в слитках. За счет чего и какой механизм «работает» на уменьшение размеров свинца при модифицировании расплава?
4. Известно, что свинец добавляют в сплавы для улучшения механической обрабатываемости полуфабрикатов резанием, однако в работе не показано, как изменились после внедрения результатов работы критерии обрабатываемости металла, а именно: усилия резания, износ режущего инструмента, форма стружки, качество поверхности (шероховатость) и др.?

В целом, несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа по своему содержанию, задачам, методам исследований и научной новизне выполнена на высоком уровне соответствует требованиям ВАК и паспорту специальности 05.16.04 - Литейное производство.

**Личный вклад автора** состоит в постановке научно исследовательских и технологических задач, в выборе методик, проведения лабораторных экспериментов и промышленных исследований, в обобщении и научном обосновании результатов и формулировке выводов. Достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов, разработанных методик и технологии основана на использовании современных методов исследования, математического и компьютерного моделирования, внедрением технологии в промышленных условиях и патентами.

Основные результаты диссертации опубликованы в 10-ти научных работах, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ и в двух патентах на изобретение.

Таким образом, научная работа Чеглакова В.В. построена на решении актуальной научно-технической задачи. В целом является завершённой квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения, позволяющие производить товарную продукцию из автоматных алюминиевых сплавов в виде цилиндрических слитков разного диаметра для экструзии и обработки на автоматических линиях резанием с достижением высокого качества изделий и эффективности производства.

Представленная диссертационная работа Чеглакова В.В. соответствует критериям, установленным в п 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а её автор Чеглаков Владимир Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство».

Официальный оппонент  
канд. тех. наук, директор департамента  
литейных проектов Литейного центра  
ООО «РУСАЛ ИТЦ»



В.Ф. Фролов  
(Фролов Виктор Федорович)

Подпись Фролова Виктора Федоровича подтверждаю:

Директор договорно-правового департамента  
ООО «РУСАЛ ИТЦ»

С.А. Беккина

25.02.2020