

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391) 244-82-13, факс (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru> e-mail: office@sfu-kras.ru

№ _____
на № _____ от 28.11.2017

УТВЕРЖДАЮ

И. о. ректора ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный
университет»,
Ваганов Евгений Александрович

« _____ » _____ 20 _____ г.

(Гербовая печать)



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Кривопалова Дмитрия Сергеевича «Применение микрокристаллических модификаторов при подготовке алюминиевых расплавов к литью с целью повышения качества литых изделий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 - Литейное производство

Актуальность для науки и практики

Представленная диссертационная работа Кривопалова Д.С. направлена на повышение эффективности и качества литья алюминиевых сплавов за счет применения микрокристаллических модификаторов.

В настоящее время в металлургической промышленности более широкое распространение получило применение микрокристаллических модифицирующих лигатур, которое оказывает существенное наследственное влияние на структуру и свойства литейных и деформируемых алюминиевых сплавов. В отечественной практике большое внимание уделяется технологиям получения и изучению фазового строения алюминиевых лигатур разных составов двойных и тройных систем, таких как Al-Ti, Al-Zr, Al-Ti-B, Al-Sr, Al-Sc и др. За последние годы были достигнуты существенные результаты, как в разработке механизмов модифицирования, так и в практической целесообразности применения закономерностей структурной наследственности в алюминиевых

сплавах. Установлено, что на параметры структуры жидкого и кристаллизующегося сплава оказывают влияние состояние исходной шихты и условия плавки: степень чистоты и измельченности структуры, добавки модификаторов, скорость плавки, величина перегрева, и другие факторы. Актуальность темы настоящей работы определяется недостаточной разработкой вопросов учета наследственного эффекта при одновременном наложении выше перечисленных факторов.

Анализ многих публикаций, посвященных проблеме повышения качества сплавов, показывает, что доминирующим процессом в технологии приготовления сплавов остается модифицирование. С позиции теории наследственности особый интерес представляют исследования по влиянию структуры металлических модификаторов на свойства сплавов и изделий из них. Сегодня для практического использования требуется сокращение расхода модификаторов, достижение мелкозернистой структуры и повышение механических, технологических и эксплуатационных свойств отливок.

Структура и содержание работы

Представленная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы, изложена на 171 странице машинописного текста.

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

В первой главе проведен обзор литературных данных, посвященный проблемам наследственности и модифицирования алюминиевых сплавов различного назначения. Изучены все известные способы обработки шихты, позволяющие в значительной степени повысить эффективность металлических модификаторов. Проведен анализ современных технологий плавки и обработки алюминиевых расплавов. На основании литературного обзора сформулированы цель и основные задачи исследования.

Во второй главе представлена методика исследований, включающая анализ

технологии получения лигатур, методы исследования параметров макро и микроструктуры, механических и физических свойств сплавов, технологические параметры подготовки расплавов к литью. Объектами исследования являлись исходные лигатуры зарубежных и отечественных производителей, а также литейные и деформируемые алюминиевые сплавы (силумины и магналии).

Экспериментальные плавки проводились в условиях Центра литейных технологий СамГТУ в печах сопротивления различной емкости (от 0,5 до 30 кг по алюминию). Плотность сплавов в твердом состоянии определялась методом гидростатического взвешивания, электропроводность – вихретоковым структуроскопом ВС-30Н. Химический состав, газосодержание и механические свойства сплавов определялись в заводских лабораториях самарских предприятий: ЗАО «АЛКОА-СМЗ», ОАО «Кузнецов», ОАО РКЦ «Прогресс», ОАО «АВТОВАЗ». Количественный анализ микроструктуры сплавов и лигатур выполняли на промышленном программно-аппаратном комплексе анализа изображений «SIAMS 700». Для более глубокого анализа микроструктуры лигатур образцы подвергались исследованию методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа в центре коллективного пользования СамГТУ.

В третьей главе приведены технологические параметры получения микрокристаллических модификаторов в условиях Центра литейных технологий СамГТУ и результаты исследования их качества.

На первом этапе проведен общий анализ структуры и свойств исходных крупнокристаллических модификаторов, показана их низкая эффективность. Были разработаны и успешно применены новые специальные способы получения модифицирующих лигатур для достижения максимально мелкой структуры алюминиевых сплавов. Показано применение следующих специальных способов обработки лигатур: жидкофазные, кристаллизационные, твердофазные, комбинированные.

Проведен глубокий анализ кокильной лигатуры $AlSc_2$, выявлены её основные недостатки в виде неравномерности распределения скандия по высоте

отливки. Доказана необходимость применения специального способа получения данной лигатуры с высокой скоростью охлаждения.

Впервые исследован новый класс модификаторов, полученных методом сверхбыстрой закалки ($v_{\text{охл}} \geq 106 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$) в виде фрагментов быстро закаленных лент. По степени эффективности данные лигатуры в несколько раз превосходят чушковые, кокильные и даже валковые лигатуры.

На основании проведенных исследований выполнена классификация структур модифицирующих лигатур на основе алюминия в зависимости от размера интерметаллидов. Для каждого вида модификатора определены наиболее эффективные способы их обработки и последующего применения.

В четвертой главе приведены результаты исследования по влиянию микрокристаллических модифицирующих лигатур на эффективность модифицирования алюминия и его сплавов.

Исследовано влияние модификаторов типа Al-Ti, Al-Sr и Al-Ti-B на структуру и свойства литейного сплава АК9ч (аэрокосмического назначения). Получен большой объем информации относительно изменения структурных параметров, физических и механических свойств сплава в литом состоянии.

Проведены исследования по влиянию модифицирующей и комплексной обработки литейного сплава АК6М2 с применением мелкокристаллических модификаторов и рафинирующих флюсов (сплав автомобильного назначения). Изучено изменение параметров микроструктуры сплава, электропроводности и механических свойств в литом и термообработанном состоянии. Также исследовалось влияние микрокристаллических модификаторов на структуру, свойства и коэффициент температурного линейного расширения поршневого силумина АК10М2Н.

Проведено модифицирование деформируемого сплава АМг4,5 валковыми, центробежными и наноструктурированными лигатурами AlSc₂, AlZr₁₀ и AlTi₁₀. Эффект модифицирования оценивался по макроструктуре сплава, изучалась зависимость среднего размера макрозерна от вида модификатора. Установлено, что быстро закаленные наноструктурированные модификаторы в несколько раз

эффективнее центробежных и валковых лигатур.

Для каждого исследуемого сплава определены оптимальные виды и концентрации модификаторов. Для всех видов модифицирующих лигатур рекомендуется применять специальные виды обработки для получения микро- и нанокристаллической структуры. Это позволяет значительно снизить расход модификатора и оказывать максимальное наследственное влияние на структуру и свойства алюминиевых сплавов.

В пятой главе приведены результаты опытно-промышленных испытаний эффективных технологий обработки алюминиевых расплавов в условиях ПАЛ МтП ОАО «АВТОВАЗ». В цеховых условиях проведены промышленные испытания комплексных технологий подготовки расплавов к литью с применением действующей технологии, опытных лигатур и роторных установок периодического действия фирмы «FOSECO».

Проведены 2 этапа опытно-промышленных испытаний, получены и испытаны партии опытных отливок «Головка блока цилиндров», которые признаны годными на 100%. Показана эффективность комплексной обработки сплава АК6М2 в сочетании с модифицированием, что способствовало: снижению газосодержания, увеличению плотности и электропроводности сплава, измельчению структуры и повышению механических свойств в термообработанном состоянии.

На основании анализа лабораторных результатов и промышленных испытаний разработаны технологические рекомендации по комплексной обработке алюминиевых расплавов в условиях ОАО «АВТОВАЗ».

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и производства

Научная новизна. Работа содержит ряд новых научных результатов, основными из которых являются следующие:

- впервые разработан и исследован новый класс модификаторов – наноструктурированные алюминиевые лигатуры;
 - теоретически обоснована высокая эффективность малых добавок микрокристаллических и наноструктурированных лигатур для модифицирования алюминиевых сплавов систем Al-Si и Al-Mg;
 - впервые выполнена классификация структур модифицирующих лигатур на основе алюминия в зависимости от среднего размера интерметаллидов в лигатурах;
 - экспериментально доказано, что применение модифицирующих лигатур с высокими скоростями охлаждения позволяет существенно снизить их расход и повысить физико-механических свойств сплавов.
- механических свойств сплавов.

Практическая значимость. К наиболее значимым практическим результатам диссертационного исследования следует отнести следующие:

- разработаны новые технологии получения мелко и микрокристаллических модифицирующих лигатур специальными способами. Дополнена классификация специальных способов получения лигатур;
- определены эффективные типы лигатур и параметры модифицирования для алюминия и сплавов систем Al-Si и Al-Mg;
- разработан технологический регламент для получения микрокристаллических лигатур типа AlTi₅, AlZr₄ и AlSc_{2,12} в условиях Центра литейных технологий (ЦЛТ) СамГТУ (ТИ-ЛВТ-05-2015);
- проведены опытно-промышленные испытания эффективных технологий обработки расплавов в ПАЛ МтП ОАО «АВТОВАЗ»;
- получены и испытаны опытные партии промышленных отливок с

применением мелкокристаллических модификаторов;

- разработаны технологические рекомендации по применению комплексной подготовки жидких силуминов к литью в условиях производства алюминиевого литья МтП ОАО «АВТОВАЗ».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в работе научные и практические результаты следует рекомендовать к использованию на предприятиях аэрокосмической и автомобильной отрасли, в том числе на ОАО «Кузнецов», ОАО РКЦ «Прогресс», ОАО «АВТОВАЗ», при производстве отливок из алюминиевых сплавов.

Оценка содержания диссертации

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствует общепринятым нормам. Диссертационная работа соответствует специальности 05.16.04 - Литейное производство.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и её основные положения.

Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати

Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических мероприятиях: IV-VI Всероссийских научно-технических конференциях «Взаимодействие науки и литейно-металлургического производства» (2012 - 2014 г.г., г. Самара); Международной научно-практической конференции «Наука и образование в жизни современного общества.» (г. Тамбов, 2012 г.); 11-й, 12-й и 13-й международных

специализированных выставках «Промышленный салон» (г. Самара, 2012-2014 гг); Одиннадцатом съезде литейщиков России (г. Екатеринбург, 2013 г.); Молодёжном форуме ПФО iВолга (г. Самара, 2013 г.); Международной Петербургской технической ярмарке (г. Санкт-Петербург, 2013 г.); VII Международной научно-практической конференции «Прогрессивные литейные технологии» (г. Москва, 2013 г.). Основные результаты диссертации опубликованы в 32 научных работах, в том числе 16 в изданиях из перечня ведущих научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ, а также имеется патент.

Замечания по диссертационной работе

Диссертация выполнена на достаточно высоком научно-методическом уровне. Вместе с тем, по диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В работе нет обоснования расчета ожидаемой экономической эффективности, за счет использования микрокристаллических модификаторов.
2. Требуется более подробное объяснения почему достигнут больший эффект при использовании наноструктурированных лигатур AlTi10 по сравнению с валковыми лигатурами AlSc2.
3. Отсутствует экологическая оценка при использовании в качестве модификатора такого химического элемента как стронций.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

Заключение

Диссертационная работа Кривопалова Дмитрия Сергеевича содержит решение актуальной научно-технической задачи в области литейного производства, связанной с применением высокоэффективных микрокристаллических модификаторов для обработки алюминиевых сплавов,

обеспечивающих повышения качества дальнейшей продукции.

По работе в целом можно сделать следующие выводы:

- диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.16.04 «Литейное производство»; содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и в необходимом объеме отражает ее основные результаты и выводы; результаты работы достаточно полно освещены в научной печати;

- научная ценность работы определяется новизной полученных результатов, связанных с исследованием нового класса модификаторов и классификацией структур модифицирующих лигатур различных составов;

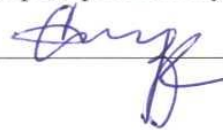
- практическая значимость работы определяется разработкой и применением новых способов получения микрокристаллических лигатур, а также использованием их в промышленности.


Таким образом, диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки комплекса новых технических и технологических решений, обеспечивающих повышение качества литых изделий из алюминиевых сплавов для автомобильного и аэрокосмического производства. Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной, обоснованы на современном научном уровне, описывают законченный этап исследований. Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается использованием современных методик исследования, применением статистической обработки и опробованием в условиях действующего производства.

Все перечисленное дает основания считать, что представленная диссертационная работа Кривопалова Д.С., несмотря на отдельные замечания непринципиального характера, соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Кривопалов Дмитрий Сергеевич,

заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 - Литейное производство.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры «Литейное производство» Института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» «23» ноября 2016 г., протокол № 05.

Председатель семинара, заведующий кафедрой «Литейное производство», Института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д-р техн. наук, доцент  Беляев Сергей Владимирович

Подпись Беляева Сергея Владимировича заверяю
Ученый секретарь СФУ  Быкова Галина Семеновна

Служебный адрес: 660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
+ (391) 206 36 31, м.т. +7 902 929 6060, e-mail: 244812@mail.ru

«23» ноября 2016 г.



