

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

02.06.2020

№ 0806/1377

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Изотова Владимира Анатольевича на диссертационную работу Шляпцевой Анастасии Дмитриевны «Разработка и исследование модифицирующего флюса на основе диоксида титана для силуминов и технология его применения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство»

Актуальность работы.

В настоящее время на предприятиях двигателестроения применяются большое количество деталей из алюминиевых сплавов (силуминов). Залогом эффективного применения отливок является повышение их механических свойств и отсутствие брака, особенно, по внутренним дефектам, так как они влияют на прочностные характеристики деталей. Поэтому управление свойствами отливок является одним из основных требований производителей.

Поэтому для повышения эксплуатационных характеристик отливок необходимо совершенствовать рафинирование и модифицирование силуминов. Модифицированию этих сплавов посвящено большое количество научно-исследовательских работ, но до сих пор не существует универсальных и надежных способов модифицирования. Большинство модификаторов не отвечают полностью

требованиям производства. Их недостатками могут являться недостаточное время сохранения модифицирующего эффекта, модифицирование не всех структурных составляющих сплава, побочные эффекты, вредные выбросы и повышенная цена.

Одним из модификаторов для этих сплавов является титан, но, как правило, он участвует в модифицировании α -твердого раствора. Для силуминов применять его нецелесообразно, так как дефицитность и стоимость модификатора преобладает над эффектом повышения механических свойств, но в то же время α -твердый раствор алюминия лучше титана на данный момент времени ничто не измельчает. Поэтому актуальность применения титана в комплексных модификаторах очень высока, так же как и снижение стоимости модификаторов.

Научная новизна, достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

В результате проведенных исследований и анализа результатов автором предложено использование диоксида титана совместно с фтористыми солями, определены условия протекания реакций модифицирования силуминов.

Обоснован механизм воздействия флюса на кристаллизующийся сплав, определены технологические характеристики процесса и доказано усиленное модифицирующее воздействие на структуру сплавов.

Установлено воздействие бария и калия на кристаллы эвтектического кремния, подтверждающее их модифицирующее воздействие на эвтектику (α +Si).

Достоверность результатов подтверждается высоким уровнем исследований и математической обработкой результатов, исследованием структуры, свойств, тепловых характеристик на аппаратуре высокого класса и исследование технологических свойств на стандартных технологических пробах, определением оптимального состава флюса с применением метода математического планирования эксперимента.

Значимость полученных результатов.

Разработан титаносодержащий модифицирующий флюс, обеспечивающий высокие механические свойства сплавов, не теряющий своей способности в течение длительного времени и при переплавах. Применение этого флюса позволит унифицировать процесс модифицирования на производстве.

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Так как испытания и измерения проводились в соответствии с требованиями ГОСТ и теоретические результаты хорошо совпадают с экспериментальными данными, а также подтверждены при производственной проверке на ОАО «ММЗ «Авангард» и имеют более низкую стоимость, то данный модификатор можно предлагать для промышленного производства.

Общая характеристика работы.

В первой главе проведен анализ существующих способов модифицирования силуминов солевыми модификаторами, показана эффективность комплексного влияния на структуру силуминов сложными модификаторами.

Для модифицирования эвтектики (α +Si) предпочтительно использовать барий или стронций, у них дольше технологическая активность. В качестве зародообразующего модификатора для α -твердого раствора перспективно использовать титан, который создает центры кристаллизации TiAl_3 . Традиционные способы ввода титана в расплав в виде соли или лигатуры являются дорогостоящими и не всегда эффективными, что ограничивает масштабы применения существующих модификаторов.

Произведен анализ известных методов восстановления диоксида титана в алюминиевом расплаве, который показал, что алюмотермический метод восстановления оксида весьма перспективен и может быть применен для модифицирования алюминиевых сплавов, однако процесс изучен недостаточно.

Поэтому для увеличения более качественного смачивания диоксида титана были выбраны фтористые соли щелочных металлов, такие как фторид калия KF, фторсиликат калия K_2SiF_6 , натриевый криолит Na_3AlF_6 . Для обеспечения модифицирования кремния был выбран фтористый барий BaF_2 .

На основании анализа сформулирована цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены используемые в работе материалы и методы исследования, а также применяемое оборудование.

В третьей главе представлены работы по разработке комплексного модифицирующего флюса на основе диоксида титана, результаты исследований

влияния выбранных фторсодержащих добавок на степень усвоения титана алюминиевыми сплавами.

С помощью термодинамических расчетов, оценивалась вероятность протекания реакций взаимодействия диоксида титана с фтористыми солями щелочных металлов в интервале температур плавки алюминиевых сплавов. Полученные значения энергии Гиббса рассмотренных реакций показывают возможность восстановления титана в присутствии выбранных фторидов, что позволяет предположить их использование. В дальнейшем для подтверждения теоретических расчетов проведены работы по обработке алюминия А99 выбранными составами флюсов, которые подтвердили расчеты. Также определены массовые доли соотношения компонентов, оценено воздействие титана, его усвояемость и температуры ввода флюса.

Выбранные составы флюса вводили в сплав АК12 с целью выбора наиболее эффективного и технологичного. Определялись механические свойства сплава и изменение структурных составляющих. Анализ полученных данных позволил выбрать наиболее перспективный флюс ($\text{TiO}_2 + \text{KF} + \text{BaF}_2$), который обеспечивает повышение относительного удлинения АК12 на 11 % и повышает предел прочности в 5 раз.

В четвертой главе представлены исследования опытного флюса. Для определения оптимального состава использован метод математического планирования эксперимента. Зависимыми переменными являлись предел прочности и относительное удлинение. Факторы варьировались на двух уровнях, было получено линейное уравнение прочности и математическая модель относительного удлинения. Для анализа и графического изображения применялся пакет программ «Statistica». Для подтверждения оптимального состава были проведены дополнительные эксперименты по модифицированию.

Результаты исследования показали соотношение компонентов во флюсе: 25-29 % TiO_2 + 34-37% BaF_2 + 36-39% KF . Этот состав флюса позволяет получить высокий уровень механических свойств для сплава АК12: $\delta \geq 12\%$, $\sigma_B \geq 170$ МПа, обеспечивает переход в сплав: титан – 0,06-0,1 %, барий – 0,005-0,01 %.

Экспериментами были установлены технологические параметры обработки сплава флюсом: температура ввода флюса 770-800 °С, количество вводимого флюса 1,75-2,35 % от массы сплава. Эффект модифицирования сохраняется в течение 5 часов при выдержке расплава 720-740 °С и частично сохраняется при переплаве.

Также изучены возможности применения разработанного модификатора для других промышленных сплавов, таких как АК7ч, АК9ч, АК5М, АК18. Эксперименты показали существенное повышение механических свойств сплавов.

Проводились исследования влияния флюса на процесс кристаллизации сплавов и формирования структуры. Микроспектральный анализ показал, что в кристаллах эвтектического кремния присутствуют атомы бария и калия. Выделяясь из расплава, эти элементы адсорбируются на поверхности растущих кристаллов кремния и замедляют или прекращают их рост. Для оценки влияния флюса на литейные свойства сплавов проводились экспериментальные заливки проб на жидкотекучесть, горячеломкость и оценку газоусадочной пористости.

Производственное опробование флюса проведено на предприятии ОАО «ММЗ «Авангард» г. Москва.

Подтверждение опубликования основных результатов исследования.

По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, из них 7 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в зарубежном издании, входящем в МБЦ Scopus, подана заявка на патент РФ.

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 обосновано введение титана с помощью солей по сравнению с введением титана в виде лигатуры.

2. В методике исследований определения жидкотекучести предложено применять температуру заливки равной 710 °С, а применялось при исследовании два разных сплава, имеющие различные температуры ликвидус. Не хватает таблицы с результатами.

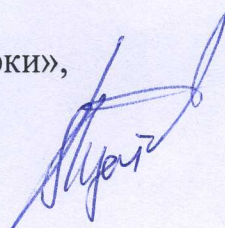
3. Термодинамический анализ алюмотермического восстановления диоксида титана показал, что оптимальным является состав $\text{TiO}_2\text{-Al-KF}$, однако, в дальнейшем практические исследования проводились для трех солей. Почему?

4. Считаю недостаточно корректным оценивать заполняемость полости литейной формы с помощью пробы на жидкотекучесть.

Заключение.

Недостатки, отмеченные в работе, не являются факторами, которые снижают качество научных исследований Шляпцевой Анастасии Дмитриевны, и диссертация «Разработка и исследование модифицирующего флюса на основе диоксида титана для силуминов и технология его применения» является законченной научно-квалификационной работой. Работа выполнена на актуальную тему и позволит получать качественные отливки из алюминиевых сплавов с меньшими затратами и более высокими механическими характеристиками. Работа вносит существенный вклад в изучение механизмов модифицирования алюминиевых сплавов. Считаю, что Шляпцева Анастасия Дмитриевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Профессор кафедры
«Материаловедения, литья и сварки»,
д.т.н., профессор



Изотов
Владимир Анатольевич

e-mail: iva_111k@mail.ru

т.: 8 (905) 139-02-54

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

Подпись Изотова В. А. заверяю:
Проректор по УВР
РГАТУ имени П.А. Соловьева



Шатульский А. А.