

ОТЗЫВ

официального оппонента Ерошенко Анны Юрьевны на диссертационную работу Башева Василия Сергеевича «Повышение механических свойств силумина марки АК12 на основе модифицирования ультрадисперсными порошками вольфрама и меди», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационного исследования

Развитие современной науки и техники требует решения задач, связанных с повышением прочностных характеристик конструкционных материалов, в частности, литейных алюминиевых сплавов. В настоящее время силумины, сплавы алюминия с кремнием составляют основную группу литейных алюминиевых сплавов, на них приходится основная доля производства всех отливок. Сдерживающим фактором для расширения спектра применения силуминов с содержанием кремния в количестве 4-22 мас. % является их низкий уровень к сопротивлению ударных нагрузок и пластичности. Низкий уровень механических свойств связан, прежде всего, с формированием в микроструктуре силуминов хрупких включений кремния, интерметаллических фаз и их неоднородным распределением в результате переплава. Одним из путей решения данной проблемы является применение методов модифицирования сплавов ультра- и нанодисперсными частицами различного химического состава, например, добавками в виде порошков оксидов, карбидов, алюминидов и чистых металлов. Указанные методы модифицирования позволяют за счет введения различных модификаторов эффективно измельчать структуру, получать более однородное распределение структурно-фазовых составляющих, обеспечивая повышение прочностных свойств сплавов. Однако широкое применение метода модифицирования нано- и ультрадисперсными порошками из тугоплавких металлов, такими как вольфрам, сдерживается недостаточными исследованиями в этой области. В настоящее время мало изучены вопросы, связанные с исследованием влияния в качестве модифицирующей добавки вольфрама на закономерности формирования структурно-фазового состояния силуминов промышленного производства с целью повышения их прочностного ресурса.

В связи с этим диссертационная работа Башева В.С., посвящённая исследованию влиянию малых добавок (в количестве 0,01-0,5 мас. %) модификаторов вольфрама и меди в виде порошков на структуру и свойства силумина марки АК12, является актуальной, имеет научную и практическую новизну.

Новизна исследования и полученных результатов

Успешное выполнение поставленной в работе цели позволило автору получить ряд новых и оригинальных результатов, определяющих новизну выполненных исследований. К наиболее важным научным результатам следует отнести следующие:

– установленные закономерности влияния малых добавок модификатора в количестве 0,01–0,5 мас. % смеси ультрадисперсных порошков вольфрама и

меди на структуру и механические свойства отливок силумина марки АК12, демонстрирующие, что внедрение малых добавок в количестве 0,01–0,5 мас. % оказывает существенное влияние на структуру и свойства отливок силумина;

- установленные закономерности влияния времени выдержки расплава с модификатором в печи на структуру и свойства отливок силумина марки АК12, позволяющие выявить, что выдержка расплава с модификатором в печи в течение 10 минут при температуре 840 ± 5 °С повышает механические характеристики отливок и уменьшает процент выпадающего в осадок модификатора;

- выявленное влияние времени механической активации и состава активируемой смеси порошков вольфрама и меди на структуру и свойства модифицированных отливок силумина марки АК12;

- раскрытие механизма формирования структуры отливок и установление влияния модификатора вольфрама на механические свойства модифицированных отливок из силумина марки АК12.

Теоретическая и практическая значимость работы подтверждена новыми данными о закономерностях изменения структуры и механических свойств силумина марки АК12 в зависимости от количества порошкового модификатора, его дополнительной обработки и времени выдержки модификатора в печи.

Практическая значимость полученных в работе результатов связана с разработкой технологии предварительной активации смеси порошков вольфрама с медью в планетарной шаровой мельнице, разработкой и внедрением технологии модифицирования литейного силумина марки АК12 за счет применения модификатора на основе ультрадисперсных порошков вольфрама и меди. Разработанная технология модифицирования отливок позволит решить задачу увеличения срока эксплуатации изделий из силуминов за счет повышения прочностных свойств.

Практическая ценность работы и реализация результатов подтверждается прилагаемым к диссертации актом о промышленной апробации. Результаты работы по изготовлению и модифицированию отливок силумина АК12 были использованы при опытно-промышленной апробации предлагаемого способа в условиях предприятия ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» г. Томска.

Научные и практические результаты работы могут быть применены в научно-исследовательских институтах, высших учебных заведениях и на промышленных предприятиях.

Степень обоснованности и достоверности результатов, научных положений, выводов и заключения, сформированных в диссертации обеспечена корректной постановкой задачи, использованием современных методов исследования. В своей работе автор опирается на решение проблемы получения более дисперсной и однородной структуры, а также повышения механических свойств силумина АК12. Научные результаты работы и положения логичны, обоснованы, опираются на известные проверяемые факты

и согласуются с опубликованными экспериментальными данными и научными представлениями о структурных превращениях, протекающих в металлах и сплавах при модифицировании сплавов ультрадисперсными порошками. Все основные результаты опубликованы в периодической рецензируемой печати и апробированы на российских и международных конференциях. Неоспоримым подтверждением обоснованности и достоверности научных результатов и выводов является успешное опытно-промышленное апробирование предлагаемых методов обработки в промышленных условиях.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, раздела «Заключение», списка цитируемой литературы из 137 наименований и приложения. Общий объем диссертационной работы составляет 131 страницу машинописного текста и включает 30 рисунков и 7 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, степень ее разработанности, сформулирована цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, представлены сведения о научной ценности и новизне, практической и научной значимости, апробации работы, методологии и методов исследования, публикациях автора и его личном вкладе в диссертационную работу, указана структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации представлен обзор литературы, где проведен анализ литературных источников по вопросам, связанным с особенностями кристаллизации алюминиевых сплавов, способов их модифицирования с целью улучшения качества получаемых отливок, получения более мелкодисперсной структуры и повышения механических характеристик металлов и сплавов. Проанализированы традиционные методы получения нанодисперсных порошков (плазмохимический синтез, механохимическая обработка, самораспространяющийся высокотемпературный синтез и т.д.), рассмотрены их особенности. Обоснован выбор применения модифицирующих добавок в малом количестве в виде ультрадисперсных порошков при получении отливок алюминиевых сплавов. Рассмотрены экспериментальные результаты, связанные с формированием структурно-фазовых состояний и функциональных свойств силуминов в зависимости от модифицирующих добавок.

Во второй главе представлено описание объектов исследования, методов экспериментальных исследований и обработки полученных результатов, перечислено используемое технологическое и исследовательское оборудование.

В третьей главе представлены оригинальные результаты исследования по установлению влияния модифицирования ультрадисперсным порошком вольфрама с различным содержанием (0,01-0,5) мас. % на структуру, фазовый состав, морфологию структурных элементов и механические свойства силумина марки АК12, влияния времени выдержки расплава в печи на

количество остаточного модификатора. При модифицировании силумина установлена оптимальная концентрация порошка вольфрама (0,1 мас. %), при которой формируется структура с равномерным распределением эвтектики (α -Al+Si), меньшим размером пластин эвтектического кремния, что способствует повышению предела прочности, относительного удлинения и ударной вязкости сплава.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния модифицирования ультрадисперсным порошком из смеси вольфрама и меди, полученного в результате активации в шаровой мельнице, времени механической активации и состава активируемой смеси порошков на структуру и механические свойства силумина марки АК12. Выявлено, что дополнительная обработка порошка вольфрама уменьшает остаточный процент модификатора в тигле с ~ 30 до ~ 6–11 %, а при пересчете на чистый вольфрам с ~ 30 % (без дополнительной обработки) до ~ 3–5,5 %. Установлена оптимальная концентрация модификатора (вольфрама и меди), равная 0,1 мас. %, которая способствует более эффективному измельчению структурных составляющих (дендритов, включений кремния), изменению их морфологии и получению более однородного распределения эвтектики (α -Al+Si). Показано, что при концентрации модификатора из смеси вольфрама и меди, равной 0,1 мас. % наблюдается увеличение предела прочности на 24 %, относительного удлинения на 46 % и ударной вязкости на 18 % сплава.

В пятой главе приведены результаты апробации диссертационной работы в промышленных условиях при гидроиспытаниях и механических испытаниях корпусных деталей, изготовленных на предприятии ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева».

В разделе «Заключение» сформулированы основные выводы по результатам проведенных исследований.

Приложение содержит копию акта о промышленном внедрении полученных результатов диссертационного исследования.

По теме диссертации автор представил 12 публикаций, том числе 2 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 статью в изданиях, входящих в перечень Scopus.

Замечания по диссертационной работе

В качестве замечаний по содержанию работы необходимо указать следующие.

1. В главе 2 при описании материалов исследования (стр. 52) и результатов исследования в главе 3 (стр. 92) автор указывает, что в качестве модифицирующей добавки был выбран нанопорошок вольфрама с размерами частиц 240–380 нм. Однако указанный размер соответствует ультрадисперсному масштабу согласно традиционным представлениям о масштабной классификации наноматериалов. Нанообъектами считают материалы, имеющие размеры в любом измерении не более 100 нм. В данном случае автору следовало бы употреблять термин – ультрадисперсный порошок вольфрама.

2. На рис. 3.1 (б-е) и рис. 4.1 (б-д) автор приводит оптические изображения микроструктуры силумина АК12 с различным содержанием модификаторов (порошка вольфрама и смеси порошков вольфрама и меди). Данные изображения были выбраны не совсем удачно, так как на указанных рисунках структурные составляющие такие, как пластины кремния в эвтектике, мелкие частицы кремния, скопления эвтектики (α -Al+Si), трудно идентифицировать. Для большей убедительности автору следовало бы представить оптические фотографии с большим разрешением или привести данные электронной (растровой, просвечивающей) микроскопии.

3. В работе на рис. 3.2 и рис. 4.2 представлены РЭМ-изображения микроструктуры силумина марки АК12 после модифицирования с различным содержанием модификаторов. Стрелками на рисунках указаны железомарганцовистые фазы (AlSiFeMn) α -и β -модификаций, которые автор идентифицировал только по морфологическому признаку, что является не всегда убедительным. В этом случае был бы уместен микродифракционный анализ с использованием метода ПЭМ. Не ясно, как отличаются данные фазы по количественному элементному составу.

4. В работе на рисунках 3.10 и 4.3 автор приводит данные о влиянии концентрации различных модификаторов на предел прочности, относительное удлинение, ударную вязкость силумина. Было бы целесообразно представить инженерные кривые растяжения образцов сплава для различных концентраций выбранных модификаторов.

5. В работе в качестве научной новизны работы автор указывает на раскрытие механизма формирования структуры отливок и влияния модификатора вольфрама на механические свойства силумина. К этому утверждению требуются более подробное пояснение.

6. Среди методик исследования механических свойств автором заявлено определение условного предела текучести и модуля упругости (стр. 59), однако в работе нет сведений, в каких экспериментах это использовалось.

7. Автору работы не удалось избежать некоторых неточностей при оформлении работы. В подписи к рисунку 4.3б в тексте диссертационной работы (стр. 100) и к рисунку 8б автореферата (стр. 16) допущена опечатка, вместо «относительное удлинение» указано «относительное сопротивление». В таблицах 3.1. и 4.1 не указаны значения среднеквадратичного отклонения для среднего размера структурных составляющих.

Приведенные замечания не оказывают определяющего влияния на положительную оценку диссертации.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Заключение

Диссертация Башева В.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены основные научно обоснованные результаты, позволяющие разработать новые технологические

решения повышения эксплуатационных свойств деталей из силуминовых отливок. Содержание диссертации соответствует п.п. 1, 3 паспорта специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

По уровню решаемых задач, объему и актуальности выполненных исследований, обоснованности вынесенных на защиту положений, достоверности и научной новизне полученных результатов, их практической значимости диссертация Башева В.С. удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно п. II.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от № 842 от 24.09.2013 г. (в редакции от 11.09.2021 г.), а ее автор, Башев Василий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук
(специальность 05.16.01 – Металловедение
и термическая обработка металлов),
старший научный сотрудник
лаборатории физики наноструктурных биокмполитов
ИФПМ СО РАН

Ерошенко А.Ю.

Подпись Ерошенко А.Ю.: удостоверяю:
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН,
кандидат физико-математических наук



Матолыгина Н.Ю.

06.05.2022 г.

Даю свое согласие на обработку моих персональных данных и включение их в аттестационное дело Башева В.С.

Ерошенко Анна Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных биокмполитов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), 634021, Томск, проспект Академический, 2/4, +7(3822)286911, e-mail: eroshenko@ispms.ru