

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Партыко Евгения Геннадьевича

«Исследование и совершенствование процесса дегазации при заготовительном литье алюминия и его сплавов»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 - «Литейное производство» (технические науки)

Актуальность диссертационной работы

В настоящее время прогрессивное развитие транспорта и машиностроения требуют дальнейшего совершенствования технологического цикла производства алюминиевых полуфабрикатов, направленного на повышение их характеристик. Актуальность темы диссертации Е.Г. Партыко продиктована тем, что в ней подробно рассмотрены вопросы, касающиеся улучшения качества готовой продукции за счёт модернизации процесса дегазации при литье алюминиевых сплавов, поскольку существующие технологии литейного производства не обеспечивают стабильного содержания водорода в расплаве алюминия менее $0,1 \text{ см}^3/100 \text{ г Al}$, что отрицательно сказывается на конкурентоспособности и качестве готовой продукции. Об актуальности данной работы свидетельствует также тот факт, что она выполнялась в соответствии Федеральной программой «Стратегия развития цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года», разработанной по поручению Правительства Российской Федерации от 16 июля 2013 г. № ДМ-П9-53пр в рамках проекта 14.578.21.0193 «Разработка теоретических и технологических решений снижения водорода в составе алюминия и низколегированных алюминиевых сплавов» Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 164 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 164 источника и 3 приложений

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, её цель, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна работы и её практическая значимость.

Первая глава содержит обзор литературных данных по теме диссертации. Рассмотрены и проанализированы вопросы, касающиеся современного состояния литейных технологий производства заготовительного литья из алюминия и его сплавов. Показано, что одним из требований для получения качественной продукции из алюминиевых сплавов необходимо снизить содержание водорода в расплаве до $0,1 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. В заключении перечислены цели и задачи исследований в рамках диссертационной работы.

Во второй главе дано описание материалов, методов и оборудования используемых в работе. Перечислен весь спектр технологических операций согласно аппаратно-технологической схемы от алюминиевого электролизера до литейной машины. Более подробно описана качественно новая методика отбора проб для определения содержания водорода в расплаве алюминия.

В третьей главе представлены результаты эксперимента в условиях действующего производства на ОК РУСАЛ, где было исследовано насыщение расплава алюминия водородом в технологической цепочке от алюминиевого электролизера до литейной машины. Было установлено, что основной прирост водорода происходит из-за контакта расплава с влагой воздуха при «открытых» переливах металла из электролизера в ковш и из ковша в миксер. Доказано, что дополнительное обогащение алюминиевого расплава водородом происходит при использовании влажных легирующих и модифицирующих добавок магния и титана, повышающих растворимость водорода при производстве алюминиево-кремниевых сплавов, а также при применении галогеносодержащих флюсов, благодаря наличию в них гигроскопической и кристаллизационной влаги. Кроме того, проанализированы методы отбора проб из металлотракта и ввода модификаторов в расплав, и показано, в чём их несовершенство и как они могут быть модернизированы. Важным разделом главы является описание результатов исследований по определению морфологии и размеров структурных составляющих силумина, полученного при разных условиях кристаллизации, и их связи с количеством водородных включений. Установлено влияние содержания водорода на механические и коррозионные свойства алюминия. Построены зависимости механических свойств и коррозионных процессов от концентрации водорода.

Четвертая глава посвящена разработке новых технологий и оборудования, большинство из которых подтверждены патентами РФ. В частности, разработана технология «закрытого» перелива расплава из электролизера в ВТК с использованием сифона, снижающее насыщение

алюминия водородом на 40%. Получен патент на «Способ вакуумной обработки алюминия и алюминиевых сплавов» и технологию рафинирования алюминия в ВТК перед заливкой в миксер. Разработан новый технологический регламент для производства литейных сплавов в виде малогабаритной чушки с содержанием H_2 до 0,1 см³/100 г Al на линии «Brochot», что подтверждается соответствующим протоколом опытно-промышленных испытаний.

Научная новизна и достоверность результатов

В качестве наиболее важных научных результатов можно указать следующие:

- установлено количественное влияние разных по составу модифицирующих и легирующих лигатур и флюсов на насыщение алюминиевых расплавов водородом, Выявлены компоненты, приводящие к увеличению концентрации водорода в расплаве алюминия;

- на примере Al-Si сплава рассмотрено влияние скорости охлаждения расплава (размера дендритной ячейки Al-твёрдого раствора) на изменение количества водородных включений. Показано, что при среднем размере дендритной ячейки алюминия более 45 мкм водород выделяется в молекулярном состоянии и образует поры, а при увеличении скорости охлаждения (среднем размере дендритной ячейки менее 30 мкм) водородная пористость отсутствует.

- на основании экспериментальных данных доказано влияние количества водородных включений на механические и коррозионные свойства алюминия. Построены зависимости механических и коррозионных свойств от концентрации водорода.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается большим объемом выполненных исследований с применением различных методов определения концентрации водорода в алюминии и его сплавах, исследований структуры и механических свойств. Для обработки результатов использованы стандартные методики и компьютерные программы. Полученные в работе экспериментальные результаты дополняют и согласуются с известными литературными данными других авторов, работающих по данной тематике.

Практическая значимость диссертационной работы

В результате выполнения диссертации разработан комплекс технических и технологических решений, среди которых можно отметить следующие.

- методика определения содержания водорода, обеспечивающая повышение оперативности и точности пробоотбора, оригинальность которой подтверждена патентом РФ №2651031 «Способ отбора пробы жидкого металла»;

- новые устройства, техническая новизна которых подтверждена патентами РФ на полезную модель: устройство для отбора пробы жидкого металла (№174042) и устройство для отбора пробы жидкого металла из металлотракта (№ 175093);

- новые технологии, защищённые патентами РФ на изобретение: «Технологическое решение для «закрытого» перелива расплава из электролизера в ВТК с использованием сифона, снижающие насыщение алюминия водородом на 40 %» (№ 2659556); и «Технологическое решение для рафинирования алюминия в ВТК перед заливкой в миксер» (№ 2668640 «Способ вакуумной обработки алюминия и алюминиевых сплавов»);

- новый технологический регламент для производства литейных сплавов в виде малогабаритной чушки на линии «Brochot», обеспечивающие концентрацию водорода менее $0,1 \text{ см}^3/100 \text{ г Al}$, что подтверждается соответствующим актом опытно-промышленных испытаний и отражено в разработанном 2ТР 501.02.01.02 (Ред.1) Технология производства малогабаритной чушки из литейного сплава на линии «Brochot» в ЛО-1 с содержанием H_2 до $0,1 \text{ см}^3/100 \text{ г Al}$.

Замечания и вопросы по работе

1. Как автор диссертации может объяснить, что для сравнительного исследования влияния легирующих и модифицирующих компонентов на концентрацию водорода в расплаве алюминия, были выбраны именно эти лигатуры и модификаторы?

2. На протяжении всего текста диссертации автор наряду с термином «молекулярная форма водорода» использует термин «атомарная форма водорода», однако, не даёт чёткого определения, что под этим подразумевается и о каких включениях идёт речь. Вероятно, как следует из 3 главы диссертации, такое деление автор делает на основании присутствия или отсутствия в структуре газовой пористости, обусловленной выделением молекулярного водорода. Если это так, то можно по результатам работы считать, что при определённых условиях кристаллизации весь водород в атомарной форме находится в твёрдом растворе алюминия? На сколько корректно говорить **о различных видах водородных включений** при изменении размера дендритной ячейки (вывод 2)?

3. Работа направлена на совершенствование технологии и снижение водородной пористости при заготовительном литье алюминия, однако, не

представлена наглядная сравнительная информация о пористости до и после усовершенствования технологии.

4. Из материалов диссертации не ясно, какая была экономическая эффективность от внедрения результатов исследований в производство?

5. В тексте встречаются опечатки и повторы фраз. Подписи к рисункам 3.15б, 3.18а, 3.19а и 3.22 не соответствуют изображениям структуры и т.д.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают её научной и практической значимости.

Заключение

Диссертация Партыко Евгения Геннадьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены новые результаты в области литейного производства, направленные на повышения качества заготовительного литья.

Содержание диссертации, её цели и задачи полностью соответствуют формуле и пунктам 4 (Исследование литейных технологий для их обоснования и оптимизации) и 13 (Исследование проблем качества литья) паспорта специальности 2.6.3 - Литейное производство (технические науки).

Диссертация хорошо структурирована, имеет все необходимые разделы от постановки задачи, обзора, методов её решения до результатов эксперимента и выводов. Текст диссертации написан грамотным языком и хорошо иллюстрирован.


Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Полученные результаты достаточно апробированы в статьях и докладах на тематических конференциях. Результаты изложены в 23 печатных трудах и тезисах докладов, из них 11 из перечня журналов, рекомендуемых ВАК, 7 в базе данных Scopus и в 5 патентах РФ.

Считаю, что диссертационная работа **«Исследование и совершенствование процесса дегазации при заготовительном литье алюминия и его сплавов»**, полностью удовлетворяет п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного правительством РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор - Партыко Евгений Геннадьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – Литейное производство (технические науки).

Я, Бродова Ирина Григорьевна даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Партыко Евгения Геннадьевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор
Главный научный сотрудник
лаборатории цветных сплавов

 Бродова Ирина Григорьевна

« 20 » марта 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18

Телефон: +7 (343)378-36-11

E-mail: brodova@imp.uran.ru

Подпись Бродовой Ирины Григорьевны заверяю



Подпись Бродовой И.Г.
Главный специалист общего отдела
Кудряшова М.Н. Кудряшова
« 20 » 03 20 23 г.