

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Катаева Владимира Викторовича «Разработка технологии получения железоалюминиевых сплавов», представленную к защите в диссертационный совет 05.08.19, созданный в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

Актуальность темы работы обусловлена созданием технологии получения недорогих жаростойких железоалюминиевых сплавов. Отечественной промышленности нужны экономичные железоалюминиевые конструкционные жаростойкие сплавы, близкие по своим служебным свойствам хромоникелевыми сталью. Востребована технология выплавки недорогих углеродистых и низкоуглеродистых жаростойких железоалюминиевых сплавов, не содержащих хром и никель.

Структура диссертации включает введение, четыре главы, заключение, список терминов, определений и сокращений, список использованных литературных источников и приложения. Первая глава содержит обзор литературных и патентных данных. Вторая глава содержит описание результатов расчета фазового состава сплавов Fe-(10,0-30,0мас.%)Al-(0,1-3,0мас.%)C; расчеты выполнены при разных температурах с помощью программного комплекса «HSC 6.1». Проведено металлографическое исследование микроструктур сплавов системы Fe-Al-C при различном элементном составе, разной скорости охлаждения жидкого металла. Изучено влияние содержания алюминия в сплаве и скорости охлаждения металла на размер двойного карбида  $Fe_3AlC_x$ . Во второй главе проведено вискозиметрическое определение температуры  $T^*$  структурного перехода «гетерогенный расплав – гомогенный расплав» для легированных алюминием чугунов; алюминий вводился в виде 1) чистого алюминия марки ЧДА, 2) медленно охлажденного ферроалюминия ФА30-М, 3) быстро охлажденного ферроалюминия ФА30-М. Легирование чугуна быстро охлаждённым ферроалюминием ФА30-В обеспечило минимальную  $T^*=1470^\circ C$ , что обеспечивает преимущество данной технологии. Полученные данные позволили разработать новую технологию, которая защищена патентом РФ № 2590772 «Способ получения алюминиевого чугуна». В третьей главе показано, что по жаростойкости низкоуглеродистые железоалюминиевые сплавы способны конкурировать с жаростойкими хромоникелевыми сталью. Количество шихтовых материалов

рассчитывалось таким образом, чтобы получить в готовом металле содержалось минимальное количество углерода и дискретно 12, 14 и 16 мас.% Al. Проведено сравнительное металлографическое исследование микроструктуры и механические испытания полученных разными способами опытных образцов металла. Показано, что благодаря более мелкому и более равноосному зерну, сплав, содержащий около 14,0 мас.%Al, имеет повышенные прочностные свойства. Изучено влияние не только способа выплавки сплавов, но и состава шлака, на временное сопротивление и фазовый состав Fe-Al сплавов с различным содержанием алюминия и углерода. Установлено, что фазовый состав сплавов практически не зависит от содержания алюминия, но зависит от состава наводимого шлака и, прежде всего, от чистоты и происхождения шлакообразующих материалов. Наилучший результат по характеристикам микроструктуры и величине временного сопротивления получен при использовании эвтектического шлака с низкой основностью и низкой температурой плавления, имеющего в своем составе оксиды, мас. %: 23CaO; 50SiO<sub>2</sub>; 16Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 11MgO. Катаевым В.В. также исследовано влияние различных модифицирующих добавок (например, РЗМ, титан и цирконий) на параметры микроструктуры и механические свойства железоалюминиевых сплавов. Изучено влияние типа модifikатора на фазовый состав, параметры зеренной структуры и временное сопротивление Fe-Al сплавов. Установлено, что оптимальным модификатором является ферротитан (либо ферротитан совместно с цирконием). Дополнительно определены показатели жаростойкости четырёх низкоуглеродистых железоалюминиевых сплавов, модифицированных титаном и цирконием в разных вариантах. Наивысшую стойкость к окислению (0,006 мг/см<sup>2</sup>·ч) показал сплав Fe-13,9 мас.%Al, который был легирован титаном и цирконием. Обращает внимание то, что не модифицированный сплав Fe-13,8 мас.%Al имеет такую же стойкость при окислении при 1000°C в течение 200 часов, как и жаростойкая сталь 20Х23Н18, т.е. равную 0,02 мг/с<sup>2</sup>·ч. Четвертая глава содержит описание результатов опытно-промышленных испытаний разработанной в лабораторных условиях технологии получения жаростойких железоалюминиевых сплавов, опытно-поисковые работы, по которой были описаны в главах 2 и 3. Отобранные пробы металла подвергнуты механическим испытаниям и испытаниям на жаростойкость по стандартным методикам.

Таким образом, на основании проведенных Катаевым В.В. исследований разработаны технология выплавки жаростойкого алюминиевого чугуна с улучшенными механическими свойствами и низкоуглеродистого

жаростойкого конструкционного железоалюминиевого сплава с повышенной жаростойкостью. Разработанные технологии прошли опытно-промышленные испытания, подтвержденные актами предприятий.

**Научная новизна** заключается в том, что 1) установлена зависимость структуры лигатуры Fe-30 мас.%Al от скорости охлаждения (послужило основанием выбора лигатуры для алюминиевых чугунов); 2) исследована и показана наследственная связь структуры вводимой специальной лигатуры ФА-30 с температурой гомогенизации расплава и структурой закристаллизованного металла; 3) получены новые данные о влиянии введения в низкоуглеродистый железоалюминиевый расплав титана в пределах от 0,8 до 1,1 мас.% и циркония в пределах от 0,1 до 0,2 мас.% на его жаростойкость (позволило повысить жаростойкость конечного металла в сравнении с хромоникелевой жаростойкой сталью 20Х23Н18).

**Практическая значимость** работы заключается в том, что разработаны новые технологии выплавки алюминиевого чугуна с улучшенными служебными свойствами, и железоалюминиевого сплава, обладающего повышенной жаростойкостью; обе разработанные технологии прошли опытно-промышленные испытания.

#### **Замечания и вопросы по диссертации**

1. Текст работы содержит стилистические, смысловые и лексические неточности, например, «**Основные положения, выносимые на защиту:** 1. Термодинамические расчеты температурных зависимостей фазового состава системы Fe-Al-C от температуры при содержании алюминия от 10 до 30 мас. % и углерода от 0,1 до 3,0 мас. %, позволившие теоретически подобрать и обосновать рациональный состав сплавов системы Fe-Al.»(стр.9).
2. В работе приведены результаты расчета фазового состава сплава Fe-Al-C с помощью программного комплекса «HSC-6.1». Сертификат и лицензия пользователя ПК«HSC-6.1» в приложении не указаны.
3. В тексте диссертации нет описания методики металлографического исследования (микроструктура, фазовый состав). Отсутствует описание методики и средств получения изображений микроструктуры слитка (оптическая микроскопия), средств измерения твердости, методики и средств дифракционных исследований. На рис. 2.9, 2.10, 2.11, 3.1, 3.4, 3.5, 3.7, 3.9 отсутствуют масштабные отрезки.
4. Из текста работы не ясно, каким образом автором «для анализа структурообразования в расплаве жидкого металла была использована установка по измерению кинематической вязкости расплавов методом крутильных колебаний».

5. Связь «технология – структура – свойство» в тексте диссертации и автореферата не раскрыта, отсутствует системное изложение установленных закономерностей, что не позволяет в полной мере раскрыть главное достоинство работы – научное обоснование новой инновационной технологии получения железоалюминиевых сплавов.

### Заключение

Представленные выше замечания носят дискуссионный характер и не снижают научную и практическую значимость полученных результатов. Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источника заимствования.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержит новое решение актуальной технологической задачи в области получения жаростойких конструкционных железоалюминиевых сплавов и алюминиевых чугунов, что даёт экономический эффект.

Работа основана на результатах теоретического анализа и экспериментальных исследований с использованием современных методик. Основные положения, рекомендации и выводы аргументированы, достоверны, согласуются с общими закономерностями металлургических процессов, подтверждаются практическими данными.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а её автор, Катаев Владимир Викторович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Чикова Ольга Анатольевна,  
доктор физико-математических наук, доцент.

Главный научный сотрудник Научно-образовательного  
центра инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Уральский  
государственный педагогический университет»  
Дата «12» марта 2020 г.

О.А. Чикова

620017, г. Екатеринбург, проспект Космонавтов, д. 26,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»  
8(343) 235-76-14; e-mail:[chik63@mail.ru](mailto:chik63@mail.ru)

Подпись Чиковой О.А. заверяю



О. А. Чикова

4  
Ч. А. Катаев