

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.092.02 НА БАЗЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20 ноября 2015 г. № _____

О присуждении **Ермакову Михаилу Александровичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Управление структурой и свойствами отливок из хромистого чугуна путем легирования, модифицирования и электроимпульсной обработки расплава» по специальности 05.16.04 – Литейное производство принята к защите 17 сентября 2015 года, протокол № 2 диссертационным советом Д 212.092.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, проспект Ленина, 27. Приказ о создании совета №714/нк от «2» ноября 2012 г., приказ №350/ нк от «29» июля 2013 г., приказ №419/нк от «15» июля 2014 г.

Соискатель **Ермаков Михаил Александрович**, 1988 года рождения. В 2011 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение профессионального образования «Тихоокеанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТОГУ»). В 2014 году закончил очную аспирантуру при ФГБОУ ВО «ТОГУ». В настоящее время работает инженером управления научно-исследовательских работ в ФГБОУ ВО «ТОГУ».

Диссертация выполнена на кафедре «Литейное производство и технология металлов» в ФГБОУ ВО «ТОГУ».

Научный руководитель - **Ри Эрнст Хосенович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Литейное производство и технология металлов» ФГБОУ ВО «ТОГУ».

Научный консультант - **Ри Хосен**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Литейное производство и технология металлов» ФГБОУ ВО «ТОГУ».

Официальные оппоненты:

1. **Ковалевич Евгений Владимирович** - гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник государственного научного центра Российской Федерации, акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (г.Москва).

2. Потапов Михаил Геннадьевич - гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейное производство и материаловедение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения образования «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» (г. Магнитогорск).

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород) в своем положительном заключении, подписанном профессором кафедры «Металлургические технологии и оборудование» доктором технических наук Леушиным Игорем Олеговичем и утвержденным ректором ФГБОУ ВО «НГТУ» доктором технических наук, профессором Дмитриевым Сергеем Михайловичем, указала, что по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Ермаков Михаил Александрович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Соискатель имеет 20 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации 14, опубликовано в рецензируемых научных изданиях 4 (четыре статьи в соавторстве в рецензируемых журналах, из перечня списка ВАК РФ; в журналах, входящих в международную реферативную базу SCOPUS – одна статья; в трудах международных конференций - одна статья; в трудах всероссийских конференций - четыре в соавторстве; в материалах конференции - четыре статьи в соавторстве; общий объем всех работ - 1,4 печатных листа). Вклад Ермакова М.А. в работы, опубликованные в соавторстве, заключается в постановке задач, выполнении основного объема исследований, получении и обработке результатов, интерпретации научных положений.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. E. Kh. Ri, Ri Hosen, M. A. Ermakov, G. A. Knyazev, Bao Lao Dzhou, and V. E. Ri Solidification of Low-Silicon Iron under the Action of Nanosecond Electromagnetic Pulses // Steel in Translation, 2013, Vol. 43, №. 8, p. 471-473.
2. Ри Э.Х., Ри Хосен, Ермаков М.А. Жаростойкость хромистого чугуна, легированного графитизирующими элементами // Литейщик России №5, 2014 – Москва: ООО "Российская ассоциация литейщиков", с. 16-18.

3. Хосен Ри, Э. Х. Ри, М.А. Ермаков, А. В. Середюк Влияние хрома на строение расплава, процессы кристаллизации и структурообразования низкоуглеродистого белого чугуна // Вестник ТОГУ №1 (36) 2015 г. – Хабаровск: ФГБОУ ВО «ТОГУ», 2015, стр. 105-114
4. Ри Хосен, Дзюба Г.С., Ермаков М.А., Мамонтова Е.С., Ри В.Э. Механизм и кинетика кристаллизации тригонального карбида в низкохромистых чугунах при комплексном модифицировании // Ученые записки КнАГТУ №2-1(22) 2015 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2015, стр. 74-81.
5. Ри Хосен, Дзюба Г.С., Ри Э.Х., Ермаков М.А., Мамонтова Е.С. Управление структурой и свойствами хромистых белых чугунов путем их модифицирования // Известия высших учебных заведений: Чёрная металлургия №06 2015 г. - Новокузнецк: ФГБОУ ВО «СГИУ», 2015, с. 412-416.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Грузманом Вячеславом Моисеевичем, доктором технических наук, профессором, кафедры «Металлургическая технология» Нижнетагильского технологического института, филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина» («НТИ» филиал ФГБОУ ВО «УрФУ»). Отзыв положительный. Замечания: В абзаце о степени разработанности направления исследования (стр.3) нелишне указать научные центры, участвующих в изучении темы отливки чугуна с применением легирующих добавок и электроимпульсной обработки - Южно-Уральский госуниверситет, г. Челябинск; Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург; Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси. Актуальность темы адаптирована для применения отливок, подвергающихся абразивному воздействию и работе в агрессивных средах (стр.3), а в тексте автореферата нет раскрывающих это направление сведений кроме перечисления изделий ОАО «Баймакский ЛМЗ» (стр.5). При описании свойств хромистого чугуна (стр.10; здесь и далее ссылки на стр. автореферата) отмечается значительное увеличение жаростойкости чугуна при легировании медью Cu и оловом Sn. Хотелось бы увидеть более детальное объяснение природы замечательного изменения свойств, а не только «образование плотной оксидной пленки». При описании электроимпульсной обработки (стр. 17-19) не уточнен инструмент для НЭМИ: погружные зонды, внешние акустические источники или др. Ни в списке опубликованных работ (стр.21-22), ни в тексте нет упоминания о том, что результаты опытов защищены или подлежат защите патентными грамотами.

2. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Деевым Владиславом Борисовичем, главным научным сотрудником Инжинирингового центра «Литейные технологии и материалы», доктором технических наук и профессором кафедры «Литейные

технологии и художественная обработка материалов» государственного научного центра Российской Федерации, акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (ГНИ «МИСиС»). Отзыв положительный. Замечания: на разработанные перспективные комбинированные способы обработки расплава отсутствуют патенты.

3. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Зюбан Николаем Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения образования Волгоградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»). Отзыв положительный. Замечания: Автор рекомендует использовать в качестве легирующих элементов Ni и Al (п.2, стр. 19), однако, по данным самого автора эти элементы снижают одно из основных эксплуатационных свойств - жаростойкость хромистых чугунов (гл. 3). Автором заявлено, что разработаны перспективные комбинированные способы обработки расплава - графитизирующее легирование и модифицирование (п.6, стр. 21), однако эти способы в автореферате не приведены, а исследования по влиянию модификаторов проводились на хромистых чугунах без дополнительного легирования (гл.4).

4. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Кулаковым Борисом Алексеевичем, доктором технических наук, профессором, член-корреспондентом РАЕН, заведующим кафедры «Металлургия и литейное производство» Нижнетагильского технологического института, филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина» («НТИ» филиал ФГБОУ ВО «УрФУ»). Отзыв положительный. Замечания: Текст автореферата содержит два рисунка с номером 7. Рисунок 1 имеет ошибки в надписях. Не понятно, насколько экономически обосновано легирование хромистого чугуна никелем, который примерно в 15-20 раз дороже «дорогостоящего» хрома. Из параметров наносекундной электроимпульсной обработки приводится лишь продолжительность облучения, но не представлены характеристики используемого генератора НЭМИ. Новизна представленных разработок не подтверждена патентами.

5. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Мысик Раисой Константиновной, доктором технических наук, профессором кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина» (ФГБОУ ВО «УрФУ»). Отзыв положительный. Замечания: Из автореферата неясно, за счет чего увеличивается окалиностойкость хромистого чугуна, модифицированного ФСМг7 и обработанного НЭМИ? Из автореферата неясно, почему

обработка расплава хромистого чугуна НЭМИ усиливает ликвационные процессы? К сожалению, в автореферате не представлены результаты металлографического исследования структуры изучаемых в работе чугунов.

6. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Смолко Виталием Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Неорганическая химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина» ФГБОУ ВО «УрФУ»). Отзыв положительный. Замечания: Из автореферата не ясно влияние электроимпульсной обработки расплава НЭМИ на процесс структурообразования и свойства хромистого белого чугуна до введения модифицирующих добавок. Из автореферата не ясна возможность электроимпульсной обработки расплава НЭМИ модифицированного хромистого чугуна в промышленных условиях.

7. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Гамовым Евгением Степановичем, доктором технических наук, профессором, заслуженным работником высшей школы РФ, заведующим кафедрой дизайна и художественной обработки материалов института машиностроения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Липецкий государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ЛГТУ»). Отзыв положительный. Замечание: Объем автореферата превышает 1 печатный лист, что не соответствует ГОСТу. Диссертанту в автореферате следовало привести степень разработанности темы.

8. На автореферат диссертации получен отзыв, подписанный Марковым Василием Алексеевичем, доктором технических наук, заслуженным работником высшей школы РФ, профессором кафедры машиностроительных технологий и оборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (ФГБОУ ВО «АГТУ им. И.И. Ползунова»). Отзыв положительный. Замечаний нет.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации; широкой известностью достижениями в различных отраслях науки, в том числе в исследованиях, связанных с изучением свойств комплексно-легированных белых чугунов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Установлены закономерности влияния графитизирующих элементов (Al, Ni, Cu, Sn) на строение жидкой фазы, кристаллизационные параметры и процесс структурообразования, теплопроводность, твердость, микротвердость структурных

составляющих, жаростойкость и износостойкость хромистого чугуна, а также даны научные обоснования полученным результатам. **Выявлены** закономерности изменения ликвационных процессов в структурных составляющих хромистого чугуна под воздействием графитизирующих элементов. Содержание хрома в тригональном карбиде K_2 $(Fe,Cr)_7C_3$ для исходного чугуна соответствует 32,0 мас.% Cr, для никелевых и алюминиевых – 30,0 мас.%, а для медных и оловянных – 32,5 и 34,0 соответственно. Содержание хрома в металлической основе уменьшается и по степени его снижения легирующие элементы могут быть расположены в следующий нисходящий ряд: мас.%: исходный чугун (6,47) \rightarrow Cu(6,04) \rightarrow Sn(5,5) \rightarrow Al(5,34) \rightarrow Ni(5,31). Следовательно, для экономии дорогостоящего хрома и получения большего количества тригонального карбида предпочтение можно отдать легирующим элементам, снижающим содержание хрома в структурных составляющих хромистого чугуна – Ni и Al. Дополнительное легирование хромистого чугуна графитизирующими элементами повышает твердость, микротвердость структурных составляющих, износостойкость и жаростойкость. **Установлены** и научно обоснованы закономерности изменения строения расплава, кристаллизационных параметров (t_L , t_{K2} , t_{Σ} , t_{Al} , τ_L , τ_{K2} , τ_{Al} , ΔJ_L , ΔJ_{K2} , ΔJ_{Al}) и структурообразования от величины добавки комплексного модификатора ФСМг7 (0,05; 0,01; 0,15; 0,20; 0,25; 0,3 мас.%). Впервые **установлен** характер изменения ликвационных процессов в хромистом чугуне, модифицированном комплексным модификатором ФСМг7 и металлическим иттрием. При модифицировании хромистого чугуна 0,1 мас.% ФСМг7 в цементитной фазе $(Fe,Cr)_3C$ содержание хрома уменьшается с 13,6 ат.% для немодифицированного чугуна до 9,84 ат.% Cr. Содержание углерода практически не изменяется, а концентрация железа возрастает с 68,35 до 71,88 ат.%. Аналогичная картина распределения элементов в цементитной фазе наблюдалась при модифицировании чугуна иттрием. Содержание хрома в металлической основе также уменьшается с 3,5 ат.% для исходного чугуна до 2,3 ат.% для модифицированного 0,1 мас.% ФСМг7. Наблюдается некоторое повышение растворимости кремния и углерода в металлической основе. При добавке 0,15 мас.% ФСМг7 начинается инверсия карбидных фаз с образованием тригонального карбида K_2 $(Fe,Cr)_7C_3$ (мас.%: 22,5...24,0 Cr; 22,0...23,0 C; 55,0...57,5 Fe). Уменьшение содержания хрома в цементитной фазе в 1,4 раза и металлической основе в более 1,5 раз свидетельствует о повышении термодинамической активности хрома и скоплении его атомов в жидкой фазе до начала кристаллизации тригонального карбида при 0,2...0,3 мас.% ФСМг7. **Установлено**, что модифицирование хромистого чугуна комплексным модификатором ФСМг7 существенно повышает свойства хромистого чугуна. **Установлено**, что увеличение продолжительности облучения расплава наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ) до 10...15 минут измельчает структурные составляющие – тригональный карбид K_2 и металлическую основу, повышает твердость, микротвердость тригонального карбида в 1,68 раза,

относительную износостойкость в 1,45 раза и окалиностойкость модифицированного хромистого чугуна в 2,35 раза при температуре испытания 900°C.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. На основании результатов экспериментальных исследований разработана рекомендация при получении комплексно-легированных хромистых чугунов использовать в качестве легирующих элементов никель и алюминий, снижающие содержание хрома в тригональном карбиде (на 2,0 мас.% Cr) и в металлической основе (1,0 мас.% и более Cr), что создает необходимые термодинамические и кинетические условия для формирования тригонального карбида при меньшем содержании хрома в чугуне и в большем количестве.

2. Разработан комбинированный способ (графитизирующее легирование и модифицирование) обработки расплава низкохромистого чугуна с целью экономии дорогостоящего хрома с более высокими свойствами. Предложенный состав комплексно-легированного чугуна (мас. %: 2,05...2,7 C; 1,0...1,7 Si; 7,5...8,0 Cr; 0,75 Ni и Al), модифицированного дополнительно 0,2...0,25 мас.% ФСМг7, взамен марки ИЧХ28Н2, апробирован для производства износостойких, жаростойких (до 400°C) и коррозионностойких отливок (например «тройник», «колено», «отвод» и др.) на ОАО «Баймакский литейно-механический завод».

3. Разработан эффективный способ повышения свойств модифицированного хромистого чугуна путем электроимпульсной обработки расплава.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты получены с использованием комплекса современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, термического анализа, термографии, рентгенографии, микрорентгеноспектрального анализа, измерения твердости, микротвердости, износостойкости и жаростойкости и большим объемом полученных экспериментальных данных. Выводы базируются на современных достижениях теории литейного производства, металловедения, физики конденсированного состояния и не противоречат их основным положениям.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач, выполнении основного объема исследований, интерпретации научных положений и выводов, в разработке рекомендаций по экономии дорогостоящего хрома путем графитизирующего легирования и модифицирования хромистого чугуна, а также электроимпульсной обработки расплава НЭМИ.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований и результатами, полученными экспериментально.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Ермакова Михаила Александровича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований получены новые научно обоснованные результаты в области литейного производства по изучению влияния легирования графитизирующими элементами, модифицирования и электроимпульсной обработки на свойства отливок из хромистого белого чугуна. Разработаны эффективные способы снижения количества хромосодержащих легирующих элементов (графитизирующее легирование и модифицирование и электроимпульсная обработка расплава) при сохранении эксплуатационных свойств отливок из хромистого белого чугуна.

На заседании «20» ноября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Ермакову Михаилу Александровичу учёную степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета



Естигнеев Алексей Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Сысоев Олег Евгеньевич