

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

ФГБОУ ВПО «Нижегородский
государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»,

д.т.н., профессор

_____ ~~Дмитриев~~ Сергей

Михайлович

«20» октября 2015 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева
на диссертационную работу ЕРМАКОВА Михаила Александровича
«Управление структурой и свойствами отливок из хромистого чугуна путем легирования,
модифицирования и электроимпульсной обработки расплава», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.04 – Литейное производство

Актуальность темы диссертации

Для производства отливок, подвергающихся абразивному и ударно-абразивному изнашиванию в условиях агрессивных сред и при повышенных температурах, в России и за рубежом широко применяются дорогостоящие комплексно-легированные белые чугуны типа ИЧХ28Н2.

В связи с этим, проблема экономии дорогостоящих хрома и никеля и формирования тригонального карбида хрома $K_2 (Fe, Cr)_7C_3$ с целью повышения функциональных свойств низкохромистого белого чугуна представляется весьма актуальной.

Диссертационная работа Ермакова М.А. выполнялась в рамках реализации стратегической программы развития «ТОГУ 2020» по направлению исследований «Прикладное материаловедение, металлургия и нанотехнологии» по проекту 4.2014 – ПСР «Решение фундаментальных и

прикладных задач по получению новых материалов и обработке материалов».

Актуальность работы подтверждается соответствием ее содержания приоритетным направлениям развития науки, технологий, техники и перечню критических технологий Российской Федерации, а тематики исследования - программам в рамках государственных заданий МОН РФ (тема 1930 – 1.4.14 «Разработка теоретических и технологических основ получения отливок из комплексно-легированного белого чугуна с различным углеродным эквивалентом», 01.01.2014 – 31.12.2016).

На основании проведенного аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы автором убедительно показана необходимость решения заявленной проблемы, в результате вполне обоснованно сформулированы цель, задачи, объект и параметры исследования.

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

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

1) Установлены и научно обоснованы закономерности влияния графитизирующих элементов (Al, Ni, Cu, Sn) на строение жидкой фазы, кристаллизационные параметры и процессы структурообразования, теплопроводность, твердость, микротвердость структурных составляющих, жаростойкость и износостойкость хромистого чугуна;

2) Выявлены закономерности изменения ликвационных процессов в структурных составляющих (в карбидах и металлической основе) хромистого чугуна под воздействием графитизирующих элементов; доказано, что для экономии дорогостоящего хрома и получения большего количества тригонального карбида K_2 рекомендуется применение Al и Ni в небольших количествах (до 1,0 мас.%); при этом легирование хромистого чугуна графитизирующими элементами повышает твердость чугуна, микротвердость карбидной фазы и металлической основы, износостойкость и жаростойкость;

3) Установлены и научно обоснованы закономерности изменения строения расплава, кристаллизационных параметров и структурообразования от величины добавки комплексного модификатора ФСМг7; впервые установлен характер изменения ликвационных процессов в хромистом чугуна, модифицированном комплексным модификатором и металлическим иттрием; показано, что уменьшение содержания хрома в цементитной фазе в 1,4 раза и металлической основе 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 и иттрия, что, как следствие, способствует кристаллизации тригонального карбида при меньшем содержании хрома в чугуна;

4) Доказано, что электроимпульсная обработка расплава НЭМИ в течение 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.

Достоверность научных результатов диссертации основывается на использовании комплекса современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, термического анализа, термографии, рентгенографии, микрорентгеноспектрального анализа и больших объемов полученных экспериментальных данных (тема 1005-1.7.14 «Обеспечение проведения научных исследований с использованием уникальных научных установок», 01.01.2014 - 31.12.2016). Экспериментальные результаты подтверждаются большим количеством проведенных опытов. Теоретические выкладки базируются на современных достижениях теории литейного производства, металловедения, физики конденсированного состояния и не противоречат их основным положениям.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы.

Значимость полученных результатов для развития науки не вызывает сомнений и заключается в следующем:

1) Получены новые результаты по влиянию графитизирующих элементов (Ni, Al, Cu, Sn) на степень уплотнения расплава $-\Delta J_{жс}$ и коэффициент термического сжатия $\alpha_{жс}$, кристаллизационные параметры (температуры начала кристаллизации избыточного аустенита t_l , эвтектики t_9^H , t_9^K и эвтектоида $t_{A_1}^H$, $t_{A_1}^K$ продолжительность их кристаллизации $\tau_э, \tau_l, \tau_{A_1}$, степени уплотнения при кристаллизации аустенита $-\Delta J_l$, эвтектики $-\Delta J_9$ и эвтектоида $-\Delta J_{A_1}$. Установлено, что добавка легирующих элементов в хромистом чугуна способствует измельчению его структурных составляющих и компактированию карбидов в эвтектике. При небольших содержаниях элементов (0,5...1,0 мас.%) в структуре наблюдается скопление атомов углерода в виде мелкодисперсных графитных включений.

2) Получены новые результаты по позитивному влиянию комплексного модификатора ФСМг7 и металлического иттрия (0,05...0,3 мас.% через 0,05 мас.%) на строение расплава, кристаллизационные параметры и структурообразование хромистого чугуна.

3) Доказано, что при определенной продолжительности облучения расплава НЭМИ существенно измельчаются карбидная фаза и металлическая основа, повышаются твердость хромистого чугуна, микротвердость структурных составляющих, относительная износостойкость и жаростойкость.

4) Показано, что модифицирование хромистого чугуна комплексным модификатором ФСМг7 и металлическим иттрием существенно изменяет характер ликвационных процессов и способствует кристаллизации тригонального карбида $K_2 (Fe, Cr)_7C_3$ при меньшем содержании хрома в чугуна.

Таким образом, получены новые закономерности влияния графитизирующих, модифицирующих элементов и электроимпульсной

обработки расплава НЭМИ на строение расплава, кристаллизационные параметры, структурообразование и функциональные свойства хромистого чугуна.

Практическая значимость полученных результатов

Практическое значение результатов работы определяется тем, что дополнительное легирование хромистого чугуна графитизирующими элементами (Сu, Al и др.), модифицирование и электроимпульсная обработка расплава НЭМИ позволяет получать тригональный карбид K_2 при меньшем содержании хрома в чугуне и существенно повышают функциональные свойства хромистого чугуна.

Использование при получении комплексно-легированных хромистых чугунов в качестве легирующих элементов алюминия и никеля в небольших количествах (0,5...1,0 мас.%), снижающее содержание хрома в тригональном карбиде (на 2,0 мас.%) и в металлической основе (на 1,0 и более мас.%), создает необходимые термодинамические и кинетические условия для формирования тригонального карбида при меньшем содержании хрома в чугуне, что позволяет обеспечить экономию материалов.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанный комбинированный способ обработки расплава низкохромистого чугуна (графитизирующее легирование и модифицирование) может быть успешно применен в действующем производстве в качестве альтернативы использованию дорогостоящего хрома для повышения твердости, микротвердости структурных составляющих, износостойкости и жаростойкости материала.

Предложенный состав комплексно-легированного чугуна (мас. %: 2,05...2,7 С; 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, прошел промышленное опробование в производстве износостойких и жаростойких (до 400°С) отливок «Тройник», «Колено», «Отвод» и других из номенклатуры ОАО «Баймакский литейно-механический завод».

Общая характеристика и анализ работы

Диссертация Ермакова М.А. состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 113 отечественных и зарубежных источников, и двух приложений. Работа изложена на 166 листах машинописного текста, содержит 45 рисунков и четыре таблицы. Между разделами диссертации в целом прослеживается логическая связь.

Во введении соискателем обоснована актуальность темы диссертации и степень её разработанности, сформулированы цели, задачи, объект и параметры исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе автору удалось проанализировать состояние вопроса по теоретическим и технологическим основам получения комплексно-легированных хромистых, ванадиевых и других белых чугунов. Выполнен информационно-аналитический обзор процессов легирования и модифицирования для достижения максимальных функциональных свойств белых чугунов. По его итогам сделаны выводы о необходимости детального и системного исследования влияния графитизирующих легирующих элементов (Al, Cu, Ni, Sn) и модифицирования на строение расплава, процессы кристаллизации, структурообразования, ликвационные явления, физико-механические и эксплуатационные свойства хромистого чугуна, а также электроимпульсной обработки расплава НЭМИ на свойства модифицированного хромистого чугуна. В заключительной части главы соискателем предложена структурно-логическая схема достижения поставленной цели.

Во второй главе представлены методики проведения эксперимента. Описан комплекс современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, термического анализа, термографии, рентгенографии, микрорентгеноспектрального анализа. Дается информация о примененных методах исследования и контроля твердости, микротвердости, износостойкости и жаростойкости.

Третья глава посвящена исследованиям влияния графитизирующих элементов на строение жидкой фазы, кристаллизацию и структурообразование, ликвационные явления, физико-механические (твердость и теплопроводность, микротвердость структурных составляющих) и эксплуатационные свойства хромистого чугуна (жаростойкость и износостойкость). Эта глава, по нашему мнению, наиболее ярко иллюстрирует квалификацию соискателя как исследователя-экспериментатора.

В четвертой главе автор детально исследует влияние различных модификаторов на строение расплава, процессы кристаллизации и структурообразования, ликвационные процессы и свойства хромистых чугунов. Стремясь на основании анализа и обобщения полученных результатов найти возможные пути управления структурой и свойствами материала, соискатель проявляет себя как сложившийся ученый-теоретик.

В пятой главе рассматриваются практические вопросы электроимпульсной обработки расплава.

Подтверждение опубликования основных результатов исследования. Основные результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в 14 публикациях в научных рецензируемых журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций, в том числе четыре – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Личный вклад соискателя не вызывает сомнения и состоит в непосредственном участии при постановке задач исследований, проведении экспериментальных исследований, а также выполнении теоретической части работы, интерпретации экспериментальных данных научных экспериментов.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы. Оформление работы в целом соответствует действующим стандартам. Диссертация написана грамотным техническим языком, что подтверждает высокую эрудицию автора.

Замечания по диссертации

Тем не менее работа Ермакова М.А. не свободна от недостатков.

1. По третьей главе «Кристаллизация, структурообразование и свойства низкоуглеродистого хромистого чугуна, легированного графитизирующими элементами» имеются следующие вопросы и замечания:

1.1. Как известно, с увеличением содержания углерода в хромистом чугуне возрастают его твердость и износостойкость. В этой связи возникает вопрос: почему в своей работе автор использовал низкоуглеродистый чугун (с.57)?

1.2. Не ясно, почему жидкий чугун охлаждали с 1500°C со скоростью $20^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$, а не $100\text{-}150^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$ (с.57) ? Здесь требуется обоснование.

1.3. Гистограммы распределения элементов в легированных хромистых чугунах (рис.3.15 и 3.16, с. 88 и 90) содержат интересную дополнительную информацию о характере изменения ликвационных процессов элементов в структурных составляющих (в легированном цементите, тригональном карбиде хрома и металлической основе). Вместе с тем, в автореферате эти данные не приведены. Почему?

1.4. В выводе 3.5 (с. 91) ошибочно вместо слова «измельчение» напечатано «изменение».

2. По четвертой главе «Исследование влияния модификаторов на кристаллизационные параметры, структурообразование и свойства хромистого чугуна» также имеется несколько вопросов и замечаний:

2.1. В тексте нет информации о погрешности измерения концентрации элементов в различных структурных составляющих чугуна методом микрорентгеноспектрального анализа.

2.2. На рис.4.11 (с.129) приведено распределение элементов в различных структурных составляющих хромистого чугуна, модифицированного 0,3 мас.% ФСМг7. Видно, что в центральной части карбидных включений кристаллизуется тригональный карбид, а вокруг них –

карбиды цементитного типа $(Fe,Cr)_3C$. Вопрос: наблюдается ли такая картина и в исходном, немодифицированном чугуне?

2.3. Как измерялась микротвердость гетерофазных карбидных частиц?

3. Пятая глава, к сожалению, выглядит несколько оторванной от основного текста работы. На наш взгляд, этого можно было бы избежать при условии изложения материала в ней в контексте поиска профилактических мер подавления «отрицательной металлургической наследственности» в чугуне.

4. К недостаткам работы в целом следует отнести отсутствие защищенных технических решений, а также экономической и экологической оценок практического применения ее результатов.

Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация Ермакова Михаила Александровича «Управление структурой и свойствами отливок из хромистого чугуна путем легирования, модифицирования и электроимпульсной обработки расплава» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения легирования, модифицирования и электроимпульсной обработки расплава НЭМИ с целью повышения эксплуатационных свойств отливок, базирующиеся на принципах ресурсосбережения, имеющие существенное значение для развития науки и практики, и таким образом отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаем, что Ермаков Михаил Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Диссертационная работа Ермакова Михаила Александровича и отзывы рассмотрены и обсуждены на открытом заседании кафедры

«Металлургические технологии и оборудование» ФГБОУ ВПО
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.
Алексеева», протокол №3 от 15.10.2015г.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Нижегородский
государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»,
кафедра «Металлургические
технологии и оборудование»,

заведующий кафедрой,
доктор технических наук,
профессор

Леушин
Игорь Олегович

E-mail: mto@nntu.nnov.ru

Тел: (831) 4364395

Почтовый адрес: 603950, ГСП-41, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

Исп. Маслова А.С.

(831) 4364395