

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.4.01.01
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «16» декабря 2021 г. № 24

о присуждении **Синицину Николаю Ивановичу**, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Микрогетерогенность и условия кристаллизации расплавов Fe-Mn-C»** по специальности **1.4.4. Физическая химия** принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.4.01.01 27 августа 2021 г. протокол № 12.

Соискатель, **Синицин Николай Иванович**, 1990 года рождения, в 2017 г. окончил с отличием ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 22.04.02 **Металлургия**; в 2021 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению 04.06.01 **Химические науки (Физическая химия)**; работает в должности инженера кафедры физики и ассистента кафедры физики (по совместительству) Института фундаментального образования ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертационная работа выполнена на кафедре физики Института фундаментального образования ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент **Чикова Ольга Анатольевна**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт фундаментального образования, кафедра физики, профессор.

Официальные оппоненты:

Гельчинский Борис Рафаилович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), отдел материаловедения, руководитель;

Жеребцов Дмитрий Анатольевич, доктор химических наук, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск), кафедра «Материаловедение и физико-химия материалов», старший научный сотрудник;

Акашев Лев Александрович, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория физико-химии дисперсных систем, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 18 работ, из них 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 8.85 п.л. / 2.96 п.л. – авторский вклад.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. **Синицин Н.И.** Параметры микрогетерогенной структуры жидкой стали 110Г13Л/ О.А. Чикова, **Н.И. Синицин**, В.В. Вьюхин // Журнал физической химии. – 2019. – Т. 93, №8. – С. 1138-1146. 1.0 п.л. / 0.3 п.л.

Sinitsin N. I. Parameters of the microheterogeneous structure of liquid 110G13L steel / O. A. Chikova, **N. I. Sinitsin**, V. V. V'yukhin // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2019. – Vol. 93. № 8. – P. 1435–1442. 1.0 п.л./0.3 п.л. (Scopus, Web of Science)

2. **Sinitsin N.I.** Study of structure-property relationship in steels based on analysis of EBSD data / O.A. Chikova, D.S. Chezganov, V.V. Yuzhakov, **N.I. Sinitsin** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019.–Vol. 699, № 1. – P. 012006. 0.7п.л. / 0.2п.л. (Scopus)

3. **Sinitsin N.I.** Studying surface tension of liquid Hadfield steel / **N.I. Sinitsin**, O.A. Chikova, V.V. V'Yuhin // AIP Conference Proceedings. – 2019. – Vol. 2174. – P. 020255. 0.6п.л. / 0.2п.л. (Scopus, Web of Science)

4. **Sinitsin N.** Microheterogeneity and crystallization conditions of Fe-Mn melts / O. Chikova, **N. Sinitsin**, V. Vyukhin, D. Chezganov // Journal of Crystal Growth. – 2019. – Vol. 527, № 5. – P. 125239. 0.6 п.л. / 0.2п.л. (Scopus, Web of Science)

5. **Синицин Н.И.** Поверхностное натяжение и плотность расплавов Fe-Mn / **Н.И. Синицин**, O.A. Чикова, В.В. Вьюхин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63, №1. – С. 40-46. 0.8п.л. / 0.3 п.л.

Sinitsin N. I. Surface tension and density of Fe–Mn melts / **N. I. Sinitsin**, O. A. Chikova, V. V. V'yukhin // Steel in Translation. – 2020. – Vol. 63. № 1. – P. 16-21. 0.8п.л./0.3 п.л. (Scopus)

6. **Sinitsin, N.I.** Viscosity of liquid Fe₁₂Mn₂C alloy / **N.I. Sinitsin**, O.A. Chikova, V.V. V'Yuhin // AIP Conference Proceedings. – 2020. – Vol. 2313. –P. 060016. 0.5 п.л. / 0.2п.л. (Scopus)

7. **Синицин Н.И.** Влияние разрушения микрогетерогенности на микроструктуру и кристаллическое строение слитков стали 110Г13Л (стали Гадфильда) / **Н.И. Синицин**, O.A. Чикова, Д.С. Чезганов // Черные металлы. – 2020. – № 1. – С. 36-42. 0.8п.л. / 0.3 п.л.

Sinitsin, N.I. Effect of destruction of microheterogeneity on microstructure and crystal structure of 110G13L steel ingots (Hadfield steel) / **N.I. Sinitsin**, O.A. Chikova, D.S. Chezganov // Chernye Metally. – 2020. – № 1. – P. 36-42. 0.8п.л. / 0.3 п.л. (Scopus)

8. **Синицин Н.И.** Удельное электросопротивление расплавов Fe–Mn–C / **Н.И. Синицин**, O.A. Чикова, В.В. Вьюхин // Неорганические материалы. – 2021. – Т. 57, №1. – P. 89-97. 1.0 п.л. / 0.3 п.л.

Sinitsin N.I. Resistivity of Fe–Mn–C Melts / **N.I. Sinitsin**, O.A. Chikova, V. V. V'yukhin // *Inorganic Materials*. – 2021. – Vol. 57. №1. – P. 86-93. 1.0 п.л./0.3 п.л. (Scopus, Web of Science)

9. **Синицин Н.И.** Вязкость расплавов Fe–Mn–C /О.А. Чикова, **Н.И. Синицин**, В.В. Вьюхин //Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95, №2. – С. 177-182. 0.8п.л. / 0.3 п.л.

Sinitsin N.I. Viscosity of Fe–Mn–C Melts / O.A. Chikova, **N.I. Sinitsin**, V.V. Vyukhin // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – 2021. – Vol. 95. № 2. – С. 244-249. 0.8п.л./0.3 п.л. (Scopus, Web of Science)

На автореферат поступило 8 положительных отзывов: от заведующего учебно-научной лабораторией «Физика конденсированных сред» ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», д.ф.-м.н., доцента **Кривилева Михаила Дмитриевича**, г. Ижевск; ведущего научного сотрудника лаборатории гидрометаллургических процессов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» Институт химии и химической технологии СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, д.х.н., доцента **Белоусова Олега Владиславовича**, г. Красноярск; руководителя Научного центра металлургической физики и металловедения ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», д.ф.-м.н. **Ладьянова Владимира Ивановича** и ведущего научного сотрудника Научного центра металлургической физики и металловедения ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», к.ф.-м. **Бельтюкова Анатолия Леонидовича**; профессора кафедры химии ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», д.х.н., профессора **Павлова Валерия Васильевича**, г. Екатеринбург; доцента кафедры Химической Технологии ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», к.х.н., **Углева Николая Павловича**, г. Пермь; директора Института Новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, д.т.н., профессора **Шешукова Олега Юрьевича** и доцента ФГАОУ ВО

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина к.т.н. **Некрасова Ильи Владимировича**, г. Екатеринбург; профессора кафедры Литейного производства и упрочняющих технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, д.т.н., доцента **Финкельштейна Аркадия Борисовича**, г. Екатеринбург; декана факультета машиностроения, металлургии и транспорта ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет, д.т.н., профессора **Никитина Константина Владимировича**, г. Самара.

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о целесообразности приведения температуры ликвидуса сплавов, о содержании понятия структурное единицы вязкого течения и о корреляции между этой величиной и концентрацией зародышей твердой фазы, об отсутствии обсуждений термодинамических критериев устойчивости кластера (Кривилев М.Д.); об обосновании модели микрогетерогенного расплава: дисперсные частицы Fe-C, дисперсионная среда Mn-C, межфазная граница насыщенный раствор углерода в железе, о необходимости объяснения скачкообразной смены знака удельной поверхностной энтропии расплава Fe-Mn-C (Белоусов О.В.); уточнение о том, о каком оригинальном способе перегрева идет речь в практической значимости работы, об аномальном виде температурной зависимости вязкости для одного из расплавов Fe-Mn, замечание о плохой читаемости и неинформативности ряда рисунков в автореферате и несоответствии текста и ссылок на рисунки (Ладьянов В.И. и Бельтюков А.Л.); об обосновании утверждения, что уменьшение dp/dT практически до нуля при нагреве до температуры структурного перехода свидетельствует об увеличении избыточного свободного объема расплава, об определении температуры расплава при измерении кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения и точности измерений (Павлов В.В.); об общей длительности экспериментов при определении поверхностного натяжения, вязкости и электропроводности и критериев достижения равновесия; о возможности перенести выводы о структуре образца, полученные в масштабе 100-200 мкм, на структуру образца в масштабе

нанометров, об отсутствии патента на заявленный автором оригинальный способ перегрева расплавов (Углев Н.П.); о том, достаточна ли точность разработанной модели оценки температур LLT для практического применения, об использовании при теоретическом описании строения не эвтектического расплава Fe-Mn-C модели строения жидких эвтектик П.С. Попеля, а не квазихимической модели расплавов Б.А. Баума (Шешуков О.Ю., Некрасов И. В.); о сравнении сплавов, полученных в лабораторных условиях и в условиях промышленного производства, о том, не являются ли наблюдаемые в работе эффекты следствием условий кристаллизации в лабораторных условиях, о возможности получить литые из стали Гадфильда без термообработки отливок (Финкельштейн А.Б.); о минимуме на концентрационных зависимостях кинематической вязкости для жидких сплавов систем Fe-Mn и Fe-Mn-C, о сопоставлении экспериментальных результатов для кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения с результатами других авторов, о критериях достижения равновесного состояния в расплавах при проведении измерений (Никитин К.В.)

Выбор официальных оппонентов обосновывается компетентностью Гельчинского Б.Р., Жеребцова Д.А., Акашева Л.А. в области физической химии, а именно их научными достижениями при изучении физико-химических свойств дисперсных систем, структурного состояния жидких металлов и сплавов, разработке научных основ технологии новых металлических конструкционных материалов.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата **физико-математических** наук соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, содержится решение научной задачи выявления физико-химических закономерностей структурного перехода «гетерогенная система – однородный раствор» в расплавах Fe-(4,0-25,0)мас.%Mn-(0,0-2,2)мас.%C как условия кристаллизации, что имеет весомое

значение для развития физической химии процессов металлургического производства.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– Выявлены аномалии, выражающиеся изломами и гистерезисом на температурных зависимостях кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения расплавов Fe-(4,0–25,0)мас.%Mn-(0,0–2,2)мас.%C и жидкой стали Гадфильда при определенных для каждого состава температурах – температурах структурного перехода, связанного с разрушением микрогетерогенного строения расплава;

– Разработана модель структурного перехода «гетерогенная система-гомогенный раствор» и результат ее апробации для априорного определения температур структурного перехода и оценки размеров термодинамически устойчивых дисперсных частиц Fe-C, распределенных в дисперсионной среде Mn-C и отделенных от нее границей, представленной насыщенным раствором углерода в железе;

– Предложен способ оценки размеров структурных единиц вязкого течения по данным о температурной зависимости кинематической вязкости расплава в различных структурных состояниях: гетерогенном и гомогенном, на основе представлений теории абсолютных скоростей реакций;

– На основании сравнительного металлографического анализа сплавов Fe-Mn-C, закристаллизованных до и после перегрева расплава выше температуры структурного перехода, связанного с разрушением микрогетерогенности, подтверждена взаимосвязь микроструктуры сплава (увеличение размеров кристаллитов, увеличение протяженности вторичных ветвей дендритов и расстояния между ними) со структурным состоянием расплава и условиями кристаллизации.

– Предложен способ оценки величины адгезии и энергии разрушения по границам дендрита аустенита и слоя, обогащенного марганцем, для химически неоднородного слитка по результатам экспериментальных данных о механических свойствах в субмикрообъемах, полученных методом наноиндентирования.

Диссертация является фундаментальным исследованием в области физической химии процессов металлургического производства сплавов Fe-Mn-C, сделанные научные выводы способствуют выявлению физико-химических закономерностей структурного перехода «гетерогенная система – однородный раствор» в расплавах Fe-Mn-C, их влиянию на условия кристаллизации и могут быть использованы для разработки технологии новых материалов.

На заседании 16 декабря 2021 г. диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 принял решение присудить **Синицину Н.И.** ученую степень кандидата **физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – 3, недействительных бюллетеней – 2.

Председатель диссертационного
совета УрФУ 1.4.01.01

Ученый секретарь диссертационного
совета УрФУ 1.4.01.01



Черепанов
Владимир Александрович

Кочетова
Надежда Александровна

16.12.2021