

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Синицина Николая Ивановича "Микрогетерогенность и условия кристаллизации
расплавов Fe-Mn-C", представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.4.4. Физическая химия

Диссертация Синицина Н.И. посвящена одному из важнейших направлений физической химии: исследованию взаимосвязи строения и свойств твердых и жидких металлических сплавов, что необходимо для оптимизации технологии получения изделий из них.

Актуальность темы диссертации.

Известно, что строение металлов в жидком состоянии характеризуется микронеоднородностью, разрушение которой происходит в условиях высоких температур, при этом меняются структура и физико-химические свойства литого металла.

Сплавы Fe-Mn-C широко применяются в промышленности в качестве конструкционных материалов с высокой прочностью. Поэтому выбранная диссертантом тема диссертационной работы, посвященная системному исследованию физических свойств сплавов Fe-Mn-C в жидком и твердом состоянии, а также анализ их результатов на основе представлений физической химии о структурном переходе "жидкость-жидкость" в расплавах является актуальной, значимой теоретически и практически. Для разработки технологических режимов получения металлических сплавов необходимы сведения об их свойствах и строении в жидком состоянии. В производственных условиях довольно часто кристаллизации подвергается недостаточно подготовленный неравновесный расплав, что влияет на механизм и кинетику кристаллизации и приводит к понижению качества и характеристик готовых изделий. Выяснение механизмов, позволяющих управлять важными технологическими и физико-химическими свойствами: прочностью, пластичностью, коррозионной устойчивостью и другими, является важнейшей задачей физической химии. Согласно сказанному выше, данная диссертационная работа без сомнения является актуальной.

Степень обоснованности научных положений.

Диссертантом выполнен огромный объем экспериментальных измерений жидких и твердых сплавов Fe-Mn-C на современном оборудовании. Надежность и достоверность экспериментальных результатов не вызывает сомнения, математическая обработка измерений проведена на высоком, современном уровне. Диссертант достаточно уверенно

ориентируется во всех использованных им экспериментальных методах исследования и анализе полученных результатов.

Материалы диссертационной работы опубликованы в девяти статьях в журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science; научная общественность ознакомлена с ее содержанием на Всероссийских и Международных конференциях.

Структура и объем работы.

Диссертация Синицина Н.И. состоит из введения, пяти глав с выводами, заключения и основных выводов, списка литературы, включающего 161 наименование. Работа содержит 147 страниц машинописного текста, 9 таблиц, и 39 рисунков.

Диссертация построена по традиционной схеме. **Во введении** обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследований, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе автором проведен анализ современных представлений физической химии о микрогетерогенном состоянии металлических расплавов, структурный переход "микрогетерогенный расплав - гомогенный раствор" рассматривается как способ температурной обработки расплава для улучшения физико-химических свойств закристаллизованного металла.

Во второй главе дано описание основных методов экспериментальных исследований физических свойств расплавов Fe-Mn-C, а также методов исследования закристаллизованных до и после разрушения микрогетерогенности образцов. Автор кратко, но достаточно полно остановился на методах измерения кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения жидких сплавов Fe-Mn-C. Особое внимание диссертант уделил методикам металлографического анализа твердых сплавов Fe-Mn-C для исследования микроструктуры, кристаллического строения и механических свойств в субмикрообъемах. Автором использованы современные методы исследования сплавов: сканирующий электронный микроскоп Carl Zeiss AURIGA Cross Beam с приставкой для исследования элементного состава методом рентгеноспектрального микроанализа (EDS-анализ) и другие новейшие приборы, например "Нано Скан - 4Д".

Третья глава посвящена исследованию физических свойств двойного сплава Fe-Mn с содержанием марганца от 4 до 13 масс.%. Диссертант из температурных зависимостей кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения расплавов Fe-Mn определил для каждого состава температуру T^* , перегрев выше которой приводит к необратимому разрушению микрогетерогенности. Автором обнаружены аномалии (изломы) на температурных зависимостях удельного электросопротивления

расплавов Fe-Mn, которые сопровождаются скачкообразным изменением первой производной удельного электросопротивления по температуре. Эти изменения диссертант связывает с разрушением микрогетерогенной структуры.

Автором проведена теоретическая оценка температуры T^* структурного перехода в расплавах Fe-Mn и предложена модель структурного перехода от гетерогенной системы к однородному на атомном уровне раствору железа в марганце при нагреве расплава до T^* .

В самой значительной по объему четвертой главе диссертант представил результаты измерений физических свойств: кинематической вязкости, удельного электросопротивления и поверхностного натяжения расплавов Fe-Mn-C с содержанием марганца от 4 до 13% и углерода от 0,5 до 2,2%. Автором, как и на сплаве Fe-Mn обнаружены аномалии температурных зависимостей кинематической вязкости, удельного электросопротивления и коэффициента поверхностного натяжения расплавов Fe -(5,0-25,0)% Mn-(0,4-2,2)% C при определенных для каждого состава температурах T^* , которые обусловлены, по мнению автора, разрушением микрогетерогенности.

Диссертантом выполнена теоретическая оценка температуры T^* структурного перехода (LLT) в расплавах Fe-Mn-C, при этом использована модель структурного перехода (LLT) от гетерогенной системы к однородному на атомном уровне раствору железа и углерода в марганце при нагреве расплава до T^* .

В пятой главе диссертант представил результаты измерений физических свойств практически важного конструкционного сплава Fe - 12,6% Mn- 1,2% C - 1,2% Cr - 0,5% Si -0,2%Ni, стали Гадфильда. Автором обнаружен гистерезис (несовпадение) температурных зависимостей физических свойств жидкой стали Гадфильда, измеренных в режиме нагрева и охлаждения.

Автором обнаружено влияние разрушения микрогетерогенности жидкой стали Гадфильда (LLT) на микроструктуру, кристаллическое строение и механические свойства в субмикрообъемах закристаллизованных образцов.

Научная новизна.

Значимость для науки полученных результатов исследования заключается в том, что в работе систематически изучены процессы и условия гомогенизации расплавов Fe-Mn, Fe-Mn-C в широком интервале составов и стали Гадфильда. При этом диссертант впервые получил оригинальные экспериментальные данные о физических свойствах расплавов Fe - (5-25) масс.% Mn- (0-2) масс.%C (кинематическая вязкость, удельное электросопротивление, поверхностное натяжение), а также о механических свойствах, микроструктуре закристаллизованных образцов.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что предложен оригинальный способ перегрева расплавов Fe - (5-25) масс.% Mn- (0-2) масс.%C для улучшения механических свойств марганцовистых сталей.

Полученные результаты могут быть использованы в Физико-техническом институте УрО РАН, Институте физики металлов УрО РАН, Московском университете стали и сплавов, Институте металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, Институте металлургии УрО РАН, Институте физики твердого тела РАН, а также на предприятиях и в организациях, занимающихся научными и прикладными исследованиями физико-химических свойств металлов и сплавов.

После внимательного прочтения и анализа представленной диссертационной работы возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Почему в качестве объектов исследования выбраны данные сплавы?
2. Как синтезировали сплавы Fe-Mn и Fe-Mn-C, в каких тиглях, сколько времени была выдержка, было ли перемешивание, проводилась ли ультразвуковая обработка расплавов?
3. Почему цель и задачи исследования повторяются во введении и в первой главе?
4. В диссертации и автореферате составы сплавов приведены в массовых процентах, хотя в мировой научной литературе приводятся в атомных процентах, чем вызвано такое обозначение?
5. Почему в таблице 1.1. на странице 35 во всех образцах занижено содержание марганца и завышено содержание углерода?
6. На странице 57: измерения кинематической вязкости проведены в режиме нагрева от T_L до 2050K с последующим охлаждением до T_S . Полученные данные согласуются с литературными данными о вязкости расплавов Fe-Mn [123].
На странице 65: полученные в опытах абсолютные значения удельного электросопротивления расплавов Fe-Mn согласуются с литературными данными [127].
На странице 79: результаты согласуются с литературными данными о вязкости расплавов Fe-Mn-C [141].
На странице 85: результаты измерения удельного электросопротивления расплавов Fe-Mn-C представлены на рисунке 4.4 и согласуются с литературными данными [130].
На странице 116: полученные данные оригинальны и согласуются с результатами измерения вязкости расплавов Fe-Mn-C [123].
Означает ли это, что диссертант провел эксперименты не впервые?
7. В работе наблюдаются повторы, например формулы для расчета удельного электросопротивления, полученные Г.Н.Дульневым и В.В.Новиковым (26), (27), (28) на странице 69, повторяются на странице 89 соответственно (37), (38), (39).

Уравнение Г.Каптя (29) для расчета поверхностного натяжения представлено на странице 71 и на странице 91 в виде уравнения (40).

Замечаний принципиального характера по диссертационной работе Синицина Н.И. нет. Отмеченные выше вопросы и замечания не снижают ценности диссертационной работы, представляющей законченное исследование, имеющее фундаментальное и практическое значение.

Автореферат диссертации отражает ее основное содержание.

Диссертация является научно-квалификационной работой, предъявляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Синицин Николай Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,

ФГБУН Институт химии твердого тела

Уральского отделения Российской академии наук,

лаборатория физико-химии дисперсных систем,

ведущий научный сотрудник

 Акашев Лев Александрович

Почтовый адрес:

620990, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

E-mail: akashev-ihim@mail.ru

Телефон: 8 (343) 362-33-52

Подпись официального оппонента Акашева Л.А. заверяю

Ученый секретарь ИХТТ УрО РАН 

 Богданова Е.А.

16.11.2021г.