

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Ермакова Бориса Сергеевича на диссертацию Шахназарова Карэна Юрьевича на тему: «Разработка единого критерия оценки взаимосвязи свойств сплавов с диаграммами состояния для обеспечения работоспособности машиностроительных материалов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Актуальность темы исследования

Современное развитие производства заинтересовано в применении таких материалов, которые обеспечивают надежность изделий машиностроения, особенно ответственного назначения, в ходе их изготовления и эксплуатации. Для ряда широко применяемых в машиностроении материалов, в том числе сталей и цветных сплавов, существуют зоны необъяснимых изменений физико-механических и технологических свойств, что существенно затрудняет прогноз работоспособности таких материалов. В связи с этим, актуальность работы Шахназарова К.Ю., в которой разработана и научно обоснована система интегральной оценки свойств сплавов по виду их диаграмм состояния, позволяющая объяснить характер аномального изменения свойств, а также прогнозировать последние по виду их диаграммы, не вызывает сомнений.

Актуальность и востребованность диссертационной работы для машиностроительной отрасли дополнительно подтверждается выполнением исследования в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий на 2013-2020 годы» (Утверждена Постановлением Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств»).

ВХ. № 9-343 от 01.07.22

АУ УС

Структура и объем работы

Диссертация Шахназарова Карэна Юрьевича состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 188 наименований и 2 приложений на двух страницах. Диссертация изложена на 330 страницах машинописного текста, содержит 302 рисунка и 23 таблицы.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основании анализа литературных данных по свойствам сталей, содержащих $\sim 0,5$ % С (феррито-цементитной смеси, твердых растворов (мартенсита, аустенита) и расплава) установлены многочисленные особенности изменения физико-механических свойств. Сделано предположение, что ответственными за аномалии свойств сталей с содержанием углерода $\sim 0,5$ % являются: 1) в точке *B* диаграммы железо – углерод из-за изгиба ликвидуса при 0,5 % С имеет место качественное изменение интервала кристаллизации, что является фундаментальным признаком промежуточных фаз; 2) 0,5 % С является границей между доперитектическими ($\sim 0,1 - 0,5$ % С) и заперитектическими ($C > 0,5$ %) сталями, имеющими кардинально разную структурную наследственность атомов железа.

На основании фундаментальных признаков промежуточных фаз (сингулярные точки на кривых состав-свойство, а также тепловых эффектов, установленных Робертсом-Аустеном, Карпентером и Киллингом на первых экспериментально построенных диаграммах Fe – С) автором обосновано наличие промежуточной фазы $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$ ($\sim 0,5$ % С).

Установленные закономерности по аномалиям свойств сталей, содержащих $\sim 0,5$ % С, легли в основу постановки цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе на основании анализа состояния имеющихся особенностей изменений физико-механических свойств двойных сплавов разработана система, позволяющая установить взаимосвязь свойств двойных сплавов с их диаграммами состояния. В качестве показателей, подтверждающих наличие фаз в сплавах на диаграммах состояния различных систем, в работе приняты: 1. Экстремумы или изгибы на кривых «свойство-состав» двойных сплавов. 2. Качественные изменения интервала кристаллизации (перекристаллизации) на основе критерия K_{Δ} , где Δ – концентрационная зависимость качественных изменений интервалов кристаллизации (перекристаллизации) на диаграммах состояния сплавов, что является характерным признаком для экспериментально установленных промежуточных фаз.

Помимо вышперечисленных показателей во второй главе автором указывается, что при анализе диаграмм состояния также необходимо учитывать структурную наследственность атомов компонентов, составляющих двойную систему. Последнее иллюстрируется на примере системы Fe – Cr.

Установленные параметры – (критерий K_{Δ}) и изменение структурной наследственности атомов – легли в основу системы, позволяющей дать объяснение многочисленным особенностям изменения физических, механических и технологических свойств сталей и сплавов.

В третьей главе на основании разработанной системы установлена связь особенностей изменения свойств сталей, содержащих ~ 0,8 % С, ~ 0,1 % С и ~ 0,2 % С, а также сплавов на основе цветных металлов, сплавов с компонентом-полупроводником и аморфных сплавов с диаграммами состояний.

Для промышленных сплавов найдена связь аномалий физико-механических и технологических (жидкотекучесть и линейная усадка) свойств с диаграммами состояний (с учетом критерия K_{Δ}).

На основании установленных закономерностей внесены уточнения в закон Курнакова (правило аддитивности). Подтверждением результативности предлагаемой автором системы является анализ более чем пятидесяти сплавов.

Четвертая глава посвящена анализу свойств железа и сталей в подкритическом интервале температур. Автором на основании многочисленных литературных и собственных экспериментальных (рентгеноструктурного анализа, сопротивления горячей осадке на половину высоты образца, исследования микроструктуры, твердости, микротвердости) данных по особенностям изменения физико-механических свойств железа и сталей обоснованы признаки превращения в железе при ~ 650 , 450 и 200 °С.

На основании анализа диссертационного исследования можно сделать вывод, что тема и содержание диссертационной работы полностью отвечает паспорту специальности. Текст работы и автореферата изложены логично, в соответствии с нормативными требованиями, грамотным техническим языком, полно отражают выполненные исследования и полученные результаты.

Научная новизна исследований и практическая значимость работы

Предложен критерий K_{Δ} , представляющий собой концентрационную зависимость качественных изменений интервалов кристаллизации (перекристаллизации) на диаграммах состояния сплавов, что позволило установить связь аномалий физико-механических и технологических свойств промышленно используемых с диаграммами состояний.

Внесены уточнения в правило Курнакова (закон аддитивности), которые связывают экстремумы (максимумы и изгибы) на кривых «состав – свойство» сплавов с K_{Δ} .

На основании анализа литературных и собственных экспериментальных данных по физико-механическим свойствам железа и сталей в подкритическом интервале температур обоснованы признаки превращений в железе при ~ 650 , ~ 450 и ~ 200 °С.

Практическая значимость заключается в следующем:

Предложенная система оценки с использованием разработанного критерия (K_{Δ}) дает возможность прогнозирования физико-механических и технологических свойств промышленно используемых сплавов по виду их диаграмм состояния.

Доказана возможность объяснения и прогнозирования особенностей изменения свойств сталей при нагревании до температур ~ 650 , ~ 450 и ~ 200 °С на том или ином этапе термической обработки. Установлены оптимальные режимы термической обработки стали 36Х2Н2МФА и стали 5Х2СМФ. Разработаны три базы данных для ЭВМ по зависимости физико-механических свойств железа разной степени чистоты, а также конструкционных и инструментальных сталей от нагрева в интервале температур от 20 до 900 °С с интервалом 20 – 40 °С.

Основные научные результаты работы

1. Впервые предложен критерий K_{Δ} , представляющий собой концентрационную зависимость качественных изменений интервалов кристаллизации (перекристаллизации) на диаграммах состояния сплавов. Это позволяет найти связь особенностей изменений физико-механических и технологических свойств промышленно используемых сплавов (стали, латуни, силумина, бронзы, магнелия и др.) с диаграммами состояний.

2. Впервые установлено, что с качественными изменениями интервалов кристаллизации (перекристаллизации) (K_{Δ}) связаны: особенности изменения литейных свойств сплавов (линейная усадка и жидкотекучесть); не характерные изменения свойств сплавов с компонентом-полупроводником; особенности стеклообразования (аморфизации).

3. Внесены уточнения в правило Курнакова (закон аддитивности), которые связывают экстремумы (максимумы и изгибы) на кривых «состав – свойство» сплавов с K_{Δ} .

4. На основании анализа многочисленных литературных, а также собственных экспериментальных данных по физико-механическим свойствам

железа и сталей в подкритическом интервале температур обоснованы признаки превращений в железе при ~ 650 , ~ 450 и ~ 200 °С.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, сформулированных выводов и рекомендаций определена соответствием основных положений диссертации научно обоснованным представлениям, корректно проведенным исследованиям с применением современного исследовательского оборудования.

Общая оценка диссертации

Диссертационная работа Шахназарова Карэна Юрьевича написана на актуальную тему, выдвинутые научные положения обладают новизной и подтверждены основным теоретическим и экспериментальным содержанием работы. Работа построена в четкой логической последовательности, имеет практическую ценность.

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 30 печатных работах, в том числе в 11 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 11 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы прошли апробацию на 77 всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Замечания по работе

1. В автореферате к диссертации в главе, касающейся особенностей изменения свойств стали с $\sim 0,5$ % есть фраза «при $C > 0,5$ %» мартенсит «становится тетрагональным без оговорок на самоотпуск во время закалочного охлаждения». Однако, суть этого высказывания автором не раскрывается, что требует дополнительного объяснения.

2. В первой главе (раздел 1.6) автор со ссылкой на Э. Гудремона приводит зависимость твердости углеродистых сталей от содержания в них

углерода. Эта зависимость сопровождается комментарием: «Тогда как, в действительности твердость закаленных сталей интенсивно растет до ~ 0,6 % C, дальнейшее увеличение содержания углерода практически не повышает твердости». В этом высказывании не учтено, что с повышением содержания углерода в стали после закалки растет количество остаточного аустенита, что в свою очередь приводит к снижению твердости стали.

3. Предложенная автором система оценки формирования комплекса свойств сталей и сплавов на основе анализа диаграмм фазового равновесия включает два фактора: (критерий K_{Δ}) и изменение структурной наследственности атомов. Однако, если первый фактор (критерий K_{Δ}) действительно подтвержден при анализе диаграмм всех представленных в работе сплавов, то, например, для системы Sn – Zn и еще на ряде двойных систем структурная наследственность никакого отношения к особенностям изменения свойств не имеет, хотя и входит в указанную систему. Следовало бы в диссертационной работе дать пояснение, какой из двух факторов является основополагающим.

Высказанные недостатки не снижают важности основных результатов работы, носят уточняющий характер и не влияют на положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Заключение

Представленное диссертационное исследование является законченной научно-квалифицированной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне. Полученные соискателем новые знания, теоретические положения и выводы о связи аномалий свойств сплавов железа и цветных сплавов с их диаграммами состояния, позволяющих управлять свойствами и прогнозировать их изменения как в ходе изготовления, так и в процессе эксплуатации материалов, могут быть классифицированы как достижение в развитии научного направления «Работоспособность машиностроительных материалов для изделий ответственного назначения».

Методология и структура диссертации соответствует паспорту специальности 05.16.19 – Материаловедение (машиностроение), написана технически грамотно, язык диссертации научный. Автореферат в полной мере отвечает содержанию диссертации.

Диссертация «Разработка единого критерия оценки взаимосвязи свойств сплавов с диаграммами состояния для обеспечения работоспособности машиностроительных материалов», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор Шахназаров Карэн Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией «Лаборатория ресурса материалов»

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого»  Ермаков Борис Сергеевич

тел.: +7 (931) 308-67-30

e-mail: ermakov55@bk.ru

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», тел.: +7 (812) 775-05-30, e-mail: office@spbstu.ru

