ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Латыпова Ильи Фанильевича на тему: «Развитие волновой модели формирования кристаллов новой фазы при мартенситных превращениях в металлах и сплавах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Проблема структурных фазовых переходов мартенситного типа в металлах и сплавах, хотя и имеет свою давнюю историю, но до сих пор не может считаться завершенной и потому представляет интерес для металлофизиков. В рамках классического подхода, использующего для ее решения только кристаллогеометрию и термодинамику, не учитывался важный аспект мартенситного превращения (МП) - протекание процесса в сильно неравновесных условиях. Ранее в работах М.П. Кащенко был предложен альтернативный, динамический подход, сочетающий концепции гетерогенного зарождения и управляемого волнового роста мартенсита в условиях неравновесности электронной и фононной подсистем. В последние годы исследования в его группе концентрировались, в основном, на установлении генетической связи между типом деформационной субструктуры исходной фазы (аустенита) и морфологией образующихся при МП кристаллов мартенсита. Важно отметить, что понимание этой связи дает возможность реконструировать сценарий МП по его наблюдаемым морфологическим признакам. Диссертационную работу Латыпова И.Ф., выполненную в русле этих исследований и направленную на существенное дополнение и уточнение динамической теории с целью выхода ее на уровень эксперимента, без сомнения следует признать **актуальной.**

Структура диссертации в основном традиционна. Введение содержит обязательные формальные пункты. В первой главе дан критический литературный обзор, с акцентом на основные положения динамической теории МП, и сформулированы задачи исследования.

Вторая, третья и четвертая главы содержат новые оригинальные физические результаты, полученные диссертантом. Заключение включает перечень наиболее важных выводов и содержит перспективы дальнейших исследований в этой проблеме.

Диссертация изложена на 111 стр. машинописного текста, включая 15 рисунков, 2 таблицы, 2 приложения и списка литературы из 139 наименований.

Методология работы опирается на представлении о предваряющем МП начальном возбужденном состоянии решетки (НВС), возникающем в локальных областях аустенита, выделяемых упругими полями дефектов. Поскольку НВС имеет колебательный характер, возникает волновой процесс, управляющий ростом кристалла мартенсита (УВП).

В диссертации получен ряд **интересных в научном плане** и **практически значимых результатов.** Наиболее **значимые** из них**,** на мой взгляд, относятся к детализации и уточнению существующей модели волнового роста мартенсита с целью установления тонкой структуры мартенсита и генетической связи УВП с упругим полем дислокационного центра зарождения (ДЦЗ):

1.Впервые предложен механизм модуляции в системе двойников превращения, причем было показано, что тип модулированной ДС определяется соотношением скоростей коротковолновых (s) и длинноволновых (ℓ) смещений в решетке, которые, в свою очередь, могут быть найдены из фононных спектров.

2. Учет стохастичности в появлении НВС позволил диссертанту сделать вывод о фрагментации модулированной ДС, при которой размер фрагментов зависит не только от отношения скоростей s- и ℓ-волн, но и от позиции спонтанно возникшей s ячейки.

3. Найдены условия наследования УВП, управляющим ростом мартенситного кристалла, упругого поля, создаваемого ДЦЗ. В результате предложен алгоритм восстановления характеристик волнового процесса,

наследующего тензор деформации ДЦЗ, и показана его эффективность на примере двух существенно различающихся МП в титане и сплавах Fe-Ni. Считаю, что этого достаточно для обоснования названия диссертации, в котором сделан акцент на «развитие динамической модели».

Достоверность результатов работы гарантируется использованием стандартной методики расчета упругих полей дефектов и скоростей упругих волн в кристаллах, ясностью алгоритма идентификации дислокационных центров зарождения новой фазы, внутренней непротиворечивостью динамического подхода и согласием с известными литературными данными, как в области теории, так и эксперимента.

Оппонент подтверждает **научную и практическую значимость** работы для развития теории структурных переходов с мартенситной кинетикой. Работа углубляет наши представления о тонкой структуре и морфологии мартенситной фазы (в первую очередь, для переходных металлов и сплавов на их основе), необходимые при разработке новых функциональных материалов.

Работа, на мой взгляд, свободна от существенных недостатков, тем не менее, при знакомстве с ней возникает **ряд вопросов и пожеланий.**

1.В работе не приведена количественная зависимость размеров фрагментов ДС от координат позиции спонтанно возникшей s-ℓ ячейки относительно центральной области волнового фронта, хотя принципиальных затруднений для расчета такой зависимости в рамках поставленной задачи нет.

2. Не ясно, проведено ли дополнение программы расчета упругих полей ДЦЗ предложенным в работе алгоритмом?

3. Общее замечание по работе: конспективность изложения (особенно это касается Главы 1; например, ключевое условие (1.5) явно требует необходимых пояснений), и недостаточность иллюстративного материала (так в Главе 2 отсутствуют рисунки для фрагментов рассчитанной модулированной ДС), что затрудняет чтение работы. Можно

указать также мелкие замечания по стилю изложения и допущенным опечаткам (так на стр 17 допущена путаница в номерах формул).

Разумеется, отмеченные вопросы и замечания не ставят под сомнение общую высокую оценку диссертационной работы.

Диссертация достаточно **апробирована.** Ее содержание в полной мере отражено в 14 публикациях, из которых 8 - статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК (три из которых входят в базы цитирования Scopus и Web of Science). Оппонент подтверждает точность приведенных в диссертации ссылок на статьи с участием автора. Результаты диссертации обсуждались на 8 российских и международных научных конференциях и хорошо известны специалистам в области физического материаловедения.

Работа написана хорошим языком, логика изложения материала соответствует поставленным целям.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Заключение

Содержание диссертации находится в соответствии с формулой специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния и областями исследований: п.1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов ... в твердом состоянии ... » и п.3 «Изучение...фазовых переходов ...».

Работа удовлетворяет критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. На использованные в диссертации отдельные результаты других авторов, в том числе, полученные в результате совместных исследований, диссертантом в работе даны соответствующие ссылки. Нет оснований сомневаться в значимом личном вкладе автора в диссертационную работу.

Диссертация И.Ф.Латыпова «Развитие волновой модели формирования кристаллов новой фазы при мартенситных превращениях в металлах и сплавах» является законченной научно-квалификационной работой. Она содержит новые физические результаты, представляющие ценность для дальнейшего прогресса динамической теории мартенситных превращений.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Латыпов Илья Фанильевич, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Доктор физ.- мат. наук,
(01.04.07- физика конденсированного
состояния), профессор, главный научный
сотрудник лаборатории прочности
ФГБУН Институт физики металлов
имени М.Н. Михеева Кондратьев Владимир Васильевич

30.11.2017г

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики металлов имени М.Н. Михеева» Уральского отделения Российской академии наук.
Адрес: ул. Софьи Ковалевской, 18, Екатеринбург, Свердловская обл., 620108
Телефон: +7 (343) 374-02-30,
E-mail: kondratyev@imp.uran.ru

Подпись Кондратьева
заверяю
Руководитель общего отдела
Н.Ф.Лямина
"30" 11 2017 г.