«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям

НИТУ «МИСиС»,

профессор М.Р. Филонов

«10» _____2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации К.Н. Джемилева «Расчеты упругих полей дислокационных петель и кристонов с целью идентификации центров зарождения мартенсита», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-«Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа К.Н. Джемилева относится к актуальной тематике физики конденсированного состояния - изучению кооперативных фазовых переходов в твердых телах. Исследования выполнены в рамках динамической теории формирования кристаллов. Для спонтанно образующихся при охлаждении кристаллов мартенсита и бейнита анализ проводится в рамках концепций управляющего волнового процесса (УВП). Обсуждается и вариант формирования ансамбля кристаллов, индуцированного распространением кристонного носителя сдвига, представляющего собой определенную суперпозицию дислокационных петель.

Диссертация состоит из Введения, шести глав и Заключения.

Во **Введении** представлены обоснование актуальности и степень разработанности темы исследования; цель, задачи и методология диссертационной работы; научная новизна и основные положения, выносимые на защиту; научная и практическая ценность работы; информация об апробации работы, достоверности полученных результатов, личном вкладе автора и структуре диссертации.

В первой главе приведен анализ информации об основных особенностях спонтанных мартенситных превращений (МП) (главным образом, на примере γ–α МП в сплавах железа). Изложены основные положения динамического подхода к описанию МП в предельном случае управляемого упругими волнами быстрого роста кристалла. Освещены основные закономерности и представления, относящиеся к формированию полос сдвига на примере кристаллов с ГЦК решеткой с ориентацией границ,

отличающейся от ориентаций плоскостей $\{111\}_\gamma$ с плотнейшей упаковкой атомов, и дана интерпретация формирования полос сдвига, как и кристаллов мартенсита напряжений, в рамках кристонной концепции. В заключение сформулированы основные направления и задачи исследования.

Во второй главе приведена стандартная аналитическая часть методики выполнения расчетов упругих полей дефектов с использованием аппарата функций Грина. Упругие поля определенных совокупностей дефектов находятся на основе принципа суперпозиции. Несмотря на то, что содержание главы не является оригинальным, ее включение в работу представляется целесообразным, так как в значительной мере обеспечивает методическую целостность изложения.

В третьей главе кратко изложены принципы объектно-ориентированного программирования (ООП) и представлена программная реализация расчетной методики. В качестве взаимодействующих объектов, представляющих непосредственный интерес, рассматриваются монокристалл, дислокационная петля, точечный дефект, кристон. Описана программа расчета упругих полей, указаны ее возможности, способы применения и перспективы развития.

В части применения общей идеологии ООП к рассматриваемым объектам содержание этой главы в значительной степени является оригинальным.

В четвертой главе рассмотрены кристоны - объекты супердислокационного типа, возникающие при сильном (контактном) взаимодействии дислокаций в пересекающихся плоскостях скольжения. Обсуждены вопросы образования и устойчивости отдельных кристонов для случая исходной ГЦК решетки. Затем кристонный анализ используется при интерпретации формирования полос сдвига, оценке типичных для кривой $\sigma(\varepsilon)$ значений (для случая сжатия монокристаллов [001] Ni_3Fe). Описан эффект инициации кристоном симбиоза полосы сдвига с ансамблями примыкающих к полосе кристаллов на примере кристаллов с габитусными плоскостями типа $\{hhl\}_\gamma$.

Содержание этой главы полностью базируется на результатах статей диссертанта с соавторами.

В **пятой главе** обсуждены варианты идентификации дислокационных центров зарождения (ДЦЗ) мартенсита охлаждения и нижнего бейнита систем Fe-Ni и Fe-C. Показано, что различие центров распределения габитусов типа $\{3\ 10\ 15\}_\gamma$ (для Fe-(30-33)%Ni) и $\{259\}_\gamma$ (для Fe-(1.4-1.8)масс.%C) в динамической теории МП является следствием модификации атомами углерода упругого поля призматической прямоугольной дислокационной петли с линиями $<1\bar{2}1>_\gamma$ и $<1\bar{1}0>_\gamma$. Затем выполнен анализ, позволяющий объяснить усложнение наблюдаемой морфологии мартенсита охлаждения после предварительной пластической деформации появлением дополнительных, либо модификацией стандартных ДЦЗ мартенсита. Последние разделы главы посвящены выявлению возможных сценариев формирования экспериментально наблюдаемого бимодального состава макропластины бейнитного феррита.

Необходимо подчеркнуть, что по насыщенности новой значимой для физики мартенситных превращений информацией эта глава.

В **шестой главе** на основе сравнения рассчитанных теоретически и наблюдаемых экспериментально морфологических признаков мартенсита продемонстрировано, что формирование кристаллов мартенсита в титане с габитусами $\{334\}_\alpha$ и $\{8\ 9\ 12\}_\alpha$ можно рассматривать как следствие наибыстрейшей трансформации плоскости $\{110\}_\alpha$, инициированной УВП. Причем старт УВП локализуется в упругих полях ДЦЗ с основным сегментом дислокационной петли $<110>_\alpha$, но при отличающихся ориентациях векторов Бюргерса.

В Заключении приведены общие выводы, важнейшие результаты трех последних оригинальных глав диссертации и отмечаются ближайшие перспективы исследований.

Из приведенного выше обзора содержания диссертации по главам следует, что **выносимые на защиту** положения являются в научном отношении новыми и в концентрированной форме отражают совокупность сформировавшихся представлений и результатов, носящих вполне завершенный характер.

Достоверность полученных в работе результатов и выводов не вызывает сомнений. Она основана на ясности физической постановки задач, хорошим соответствии известным экспериментальным данным об особенностях морфологических признаков мартенситных кристаллов и непротиворечивости физической интерпретации результатов.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию в материаловедческих центрах РФ: ИФПиМ СО РАН (г. Томск), ИФМ УрО РАН (г. Екатеринбург), ЦНИИЧМ (г. Москва), ТГУ (г. Томск), АГТУ (г. Барнаул), НИТУ «МИСиС» (г. Москва), УрФУ (г. Екатеринбург), МГТУ им. Н.Э.Баумана (г. Москва), СПб ГУ (г. Санкт Петербург), ИПСМ РАН (г. Уфа), ФТИ УрО РАН (г. Ижевск), ИМСС УрО РАН (г. Пермь).

Принципиальных претензий работа К.Н. Джемилева не вызывает. В то же время имеется ряд частных замечаний.

1.Существенную часть работы занимает описание особенностей бейнитного превращения, соответсвующий теоретический анализ обладает несомненной новизной. В этой связи отсутствие отражения этого явления как базового в названии диссертации представляется упущением со стороны автора.

2. Развитый автором теоретический подход описывает механизм нижнего бейнитного превращения. Применим ли этот подход к описанию механизма образования верхнего бейнита в сталях? Каковы перспективы его применения?

3. Согласно литературным данным, в титане наблюдаются не только кристаллы мартенситной фазы с габитусами, близкими к $\{334\}_\alpha$ и $\{8\ 9\ 12\}_\alpha$, но и с габитусом $\{344\}_\alpha$. Формирование кристаллов с этим габитусом в работе не рассмотрено. А какими причинами может быть обусловлено их появление, объяснимо ли оно с помощью теории автора?

4. При оценке качества оформления работы следует отметить, что в целом оно соответствует предъявляемым требованиям. Имеются лишь отдельные технические замечания. Например, отсутствует указание принадлежности кристаллографического базиса определенной фазе. На ординатах рисунков 4.5, 4.6 и 5.1 не указаны рассматриваемые переменные.

Перечисленные замечания не касаются существа работы и не снижают ее общей положительной оценки.

Работа К.Н. Джемилева носит фундаментальный, теоретический характер и вносит весомый вклад в динамическую теорию реконструктивных мартенситных превращений. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, и обсуждены на многих международных и российских конференциях.

Диссертация написана хорошим языком, порядок изложения соответствует логике исследования, стиль изложения доказательный.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Высокий научный уровень полученных результатов и глубина проработки материала позволяют рекомендовать результаты работы для включения в университетские учебные курсы, связанные с физикой фазовых превращений в твердом теле.

Заключение

Диссертация К.Н. Джемилева соответствует паспорту специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», включая формулу специальности в части «…теоретическое … исследование природы кристаллических … веществ… и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях», а также области исследований в части п.1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов … в твердом состоянии в зависимости от … состава, температуры и давления» и п.3 «Изучение…фазовых переходов в них …».

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. Весомость личного вклада автора в диссертационную работу не вызывает сомнения.

Диссертация представляет завершенное исследование, выполненное на высоком научном уровне по актуальной тематике, она удовлетворяет квалификационным признакам, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор К.Н. Джемилев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Работа заслушана и обсуждена на заседании кафедры Обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС» 05 мая 2016 г., протокол №8 .

Зав. кафедрой ОМД, проф., д.т.н. Романцев Борис Алексеевич

Профессор кафедры ОМД, д.ф.-м.н. Прокошкин Сергей Дмитриевич

119049. г. Москва. Ленинский проспект, д.4.
Тел.: +7 495 638 4405
E-mail: prokoshkin@tmo.misis.ru