

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.075.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКА-
НИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.10.2014 г., протокол № 2

О присуждение Скибе Николаю Васильевичу, гражданину Российской Феде-
рации ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Взаимодействие мод пластической деформации и их влияние на зарождение и рост трещин в нанокристаллических твердых телах» в виде рукописи по специальностям 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела и 01.04.07 – Физика конденсированного принята к защите 10 июня 2014 г., протокол № 1 диссертационным советом Д 002.075.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук, 199178, Россия, Санкт-Петербург, Большой пр. В.О. д.61, диссертационный совет создан согласно приказу № 1902-1321 от 10.10.2008.

Соискатель Скиба Николай Васильевич 1978 года рождения,

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Механизмы пластической деформации в нанокристаллических металлах и сплавах» защитил в 2005 году, в диссертационном совете Д 002.075.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук,

работает старшим научным сотрудником в лаборатории механики наноматериалов и теории дефектов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем машиноведения Российской академии наук, лаборатория механики наноматериалов и теории дефектов

Научный консультант – доктор физико-математических наук, Овидько Илья Анатольевич, заведующий лабораторией механики наноматериалов и теории дефектов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Гольдштейн Роберт Вениаминович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, чл.-корр. РАН, заведующий лабораторией механики прочности и разрушения материалов и конструкций, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук

2. Малыгин Геннадий Алексеевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

3. Лурье Сергей Альбертович, гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, заведующей лабораторией неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования и науки Санкт-Петербургский Академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий Российской академии наук (г. Санкт-Петербург), в своем положительном заключении, подписанном Дубровским Владимиром Германовичем, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики в Санкт-Петербургском Академическом университете РАН, указала, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, на актуальную и новую тему, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям.

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 36 научных работ, все опубликованы в рецензируемых журналах, в том числе 20 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 16 работ в рецензируемых высокорейтинговых зарубежных научных изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

- 1 Н.В. Скиба. Зернограничные механизмы релаксации напряжений несоответствия в нанокристаллических пленках и подложках // Физика и механика материалов, 2014. — Т. 19. — № 1. — С. 68–87.
- 2 Н.Ф. Морозов, И.А. Овидько, Н.В. Скиба. Влияние зарождения цепочек наноскопических зерен вблизи вершин трещин на трещиностойкость нанокристаллических керамик // Доклады Академии наук, 2013. — Т. 405. — № 4. — С. 413–416.

- 3 I.A. Ovid'ko, N.V. Skiba. Enhanced dislocation emission from grain boundaries in nanocrystalline materials // Scripta Materialia, 2012. — Vol. 67. — № 1. — P. 13–16.
- 4 I.A. Ovid'ko, N.V. Skiba, A.K. Mukherjee. Nucleation of nanograins near cracks in nanocrystalline materials // Scripta Materialia, 2010. — Vol. 62. — P. 387–390.
- 5 Н.В. Скиба, И.А. Овидько, А.Г. Шейнерман. Диполи дисклинаций несоответствия в нанокристаллических пленках и покрытиях // Физика твердого тела, 2009. — Т. 51. — № 2. — С. 265–270.
- 6 M.Yu. Gutkin, I.A. Ovid'ko, N.V. Skiba. Crack-stimulated generation of deformation twins in nanocrystalline metals and ceramics // Philosophical Magazine, 2008. — Vol. 88. — № 8. — P. 1137–1151.
- 7 М.Ю. Гуткин, И.А. Овидько, Н.В. Скиба. Механизм образования деформационных двойников в нанокристаллических материалах // Физика твердого тела, 2007. — Т. 49. — № 5. — С. 830-838.
- 8 M.Yu. Gutkin, I.A. Ovid'ko, N.V. Skiba. Generation of deformation twins in nanocrystalline metals: Theoretical model // Physical Review B, 2006. — Vol. 74. — № 21. — P. 172107(1-4).
- 9 М.Ю. Гуткин, И.А. Овидько, Н.В. Скиба. Зернограничное скольжение и эмиссия решеточных дислокаций в нанокристаллических материалах при сверхпластической деформации // Физика твердого тела, 2005. Т. 47, № 9. С. 1602-1613.
- 10 M.Yu. Gutkin, I.A. Ovid'ko, N.V. Skiba. Crossover from grain boundary sliding to rotational deformation in nanocrystalline materials // Acta Materialia, 2003. — Vol. 51. — № 14. — P. 4059-4071.

На автореферат поступили 5 отзывов:

1. Отзыв зам. директора по научной работе Института проблем сверхпластичности металлов РАН (г. Уфа), доктора физ.-мат. наук Назарова А.А. и ведущего научного сотрудника той же организации Жилиева А.П. Замечания:

– Во введение пишется: ”В малопластичных нанокристаллических материалах разные механизмы деформации действуют независимо друг от друга, что быстро приводит к существенной неоднородности пластической деформации, которая в свою очередь способствует зарождению и развитию трещин. В то же время, в нанокристаллических материалах, характеризующихся пластичностью и сверхпластичностью, разные механизмы пластической деформации эффективно взаимодействуют между собой. Происходят интенсивные переходы между разными механизмами деформации, которые «сглаживают» неоднородности пластической деформации. Это обеспечивает высокую пластичность и трещиностойкость нанокристаллических материалов в условиях эффективного взаимодействия различных мод пластической деформации”. Считаем это достаточно спорным утверждением. НК материалы – все не пластичные, а механизмы деформации не могут быть независимы друг от друга в том смысле, что в соседних зернах разного размера могут оперировать разные механизмы деформации, но они связаны условием совместности деформации на границе. Термин интенсивные переходы, по всей видимости, означает переключение механизмов деформации, или аккомодацию несовместностей, вызванных действием одного механизма, действием дру-

гого, но в друг друга переходить зернограничное проскальзывание и дислокационное скольжение не могут при условии неизменности размера зерна и отсутствии процессов возврата. Пластичность и сверхпластичность – не характеристики только и столько самих нанокристаллов, а условий их деформирования (температуры и скорости), которые и характеризуют степень эффективности взаимодействия мод деформации.

– Во введение также утверждается “Следует отметить, что в настоящее время накоплен достаточно большой объем экспериментальных данных, которые подтверждают действие специфических мод пластической деформации в нанокристаллических твердых телах”. Хотелось бы, чтобы были приведены ссылки.

– Задачи диссертации и выводы состоят из одних “построений моделей”. К сожалению нет ни одной “апробации” модели на предсказательную способность.

2. Отзыв заведующего лабораторией прочности материалов математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, д.ф.-м.н. Волкова А.Е. Замечания:

– Автор исследует энергетическую выгодность, то есть движущую силу различных дислокационных и дисклинационных реакций, оставляя без внимания силы сопротивления этим процессам.

– При описании перехода от зернограничного скольжения к ротационной деформации не указано, как переползание зернограничных дислокаций связано с материальным поворотом зерна и существуют ли консервативные механизмы ротационной деформации.

3. Отзыв директора НИИ Физики перспективных материалов, заведующего кафедрой нанотехнологий Уфимского государственного авиационного технического университета, профессора, д.ф.-м.н. Валиева Р.З. и старшего научного сотрудника той же организации, к.ф.-м.н. Еникеева Н.А. Замечания:

– Большой интерес должны представлять численные оценки деформационных параметров на основании разработанных моделей и их количественного сравнения с данными экспериментов. К сожалению, такие оценки не приведены в автореферате.

– Одной из основных целей диссертации является выявление физической картины зарождения и роста трещин в нанокристаллических твердых телах. Вместе с тем, в тексте не обсуждается, как полученные результаты используются для разработки принципов повышения трещиностойкости наноматериалов, что является весьма важной научно-практической задачей.

4. Отзыв с.н.с лаборатории профилированных кристаллов Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, д.ф.-м.н. Орловой Т.С. *Без замечаний.*

5. Отзыв заведующего лабораторией поверхности раздела в металлах Института физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), профессора, д.ф.-м.н. Страумала Б.Б. *Без замечаний.*

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они представлены ведущими российскими учеными, работающими в широко известных на весь мир научных организациях и имеющими большое количество работ, затрагивающих новые современные вопросы теории механики и физики твердого тела, которые имеют прямое отношение к рассматриваемым в диссертации задачам.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие **основные результаты**:

1. Впервые построена модель механизма совместного действия межзеренного скольжения и ротационной деформации, инициирующего вращение кристаллической решетки в нанозернах с размером ниже 20 нанометров.
2. Разработана модель нового механизма аккомодации межзеренного скольжения за счет эмиссии частичных дислокаций из границ зерен, препятствующего зарождению нанотрещин в нанокристаллических твердых телах.
3. Впервые дано теоретическое объяснение необычных эффектов упрочнения и разупрочнения в нанокристаллических твердых телах при сверхпластической деформации, а также построена теоретическая зависимость напряжения течения от степени пластической деформации, подтверждаемая экспериментальными данными.
4. Построены модели новых механизмов зарождения деформационных нанодвойников на границах зерен и вблизи вершин трещин в нанокристаллических твердых телах. Показано, что зарождение таких нанодвойниковых прослоек вблизи вершин трещин способно в несколько раз повышать трещиностойкость хрупких нанокристаллических материалов.
5. Впервые построены модели новых специфических механизмов релаксации напряжений в нанокристаллических пленках и подложках за счет действия межзеренного скольжения и диффузии по границам зерен, действие которых эффективно снижает внутренние напряжения, возникающие в системах пленка-подложка.
6. Впервые разработаны модели специфических механизмов зарождения новых наноскопических зерен и их цепочек вблизи вершин трещин и исследовано влияние образования и эволюции таких нанозерен на трещиностойкость хрупких нанокристаллических твердых тел. Показано, что реализация этих специфических механизмов пластичности способствует частичной релаксации высоких локальных напряжений вблизи вершин трещин в хрупких нанокристаллических материалах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что представленные в работе теоретические модели новых механизмов пластической деформации, мод аккомодации и механизмов повышения трещиностойкости в нанокристаллических твердых телах является исключительно важными для понимания фундаментальных основ уникального поведения нанокристаллических твердых тел при пластической и сверхпластической деформации. Разработанные теоретические модели объясняют ряд механизмов пластической деформации, наблюдаемых на эксперименте (вращение кристаллической решетки зерен в нанокристаллических твердых телах, зарождение деформационных нанодвойников в наноматериалах, образование новых наноскопических зерен в нанокристаллических металлах и керамиках, эффекты упрочнения и разупрочнения в нанокристаллических материалах при сверхпластической деформации) и предсказывают новые механизмы пластической деформации и эффекты (переход от межзеренного скольжения к ротационной деформации на тройных стыках границ зерен в нанокристаллических материалах, повышение трещиностойкости наноматериалов за счет зарождения нанозерен и нанодвойников вблизи вершин трещин, релаксация напряжений несоответствия в нанокристаллических пленках за счет диффузии по границам зерен). Установление взаимосвязей между различными модами пластической деформации и аккомодации, и идентификация специфических механизмов повышения трещиностойкости в нанокристаллических твердых телах чрезвычайно важны, как для построения общих фундаментальных теорий (сверх)пластичности и трещиностойкости нанокристаллических твердых тел, так и для эффективного развития технологий их производства и пластического формоизменения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что создана модель эффективного применения знаний, которая может быть использована в научных учреждениях материаловедческого профиля: ФТИ им. А.Ф. Иоффе, ЦНИИКМ «Прометей», ЦНИМ, а также в Санкт-Петербургском государственном университете и Санкт-Петербургском государственном политехническом университете.

Научная новизна и достоверность результатов работы. Представленные в диссертации результаты являются новыми. Их достоверность обеспечивается использованием корректных апробированных методов решения поставленных задач, проведением проверок и предельных переходов к уже известным решениям, сравнением, где это возможно, с результатами экспериментов. Физическая обоснованность построенных моделей подтверждается их соответствием экспериментальным наблюдениям поведения дефектов в реальных нанокристаллических твердых телах и пленках.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и ключевом участии на всех этапах работы: постановке задачи, ее решении и апробации результатов исследования. Все

