

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Еникеева Наримана Айратовича «Границы зёрен и сверхпрочность наноструктурных материалов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» и 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»**

Решение задач современных технологий, так или иначе, связано с созданием материалов с контролируемыми физико-механическими свойствами. Достижение предсказуемости поведения материалов в процессе изготовления изделий из них и дальнейшей их эксплуатации была и остается основной проблемой материаловедения и связанных с ней разделов физики конденсированного состояния и механики деформируемого твердого тела.

Представленная диссертационная работа Н.А. Еникеева посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию закономерностей формирования границ зёрен в процессе интенсивных пластических деформаций (ИПД) и их влиянию на физические и механические свойства наноструктурного материала.

Основным и весьма существенным теоретическим результатом автора работы следует считать создание иерархической модели процессов ИПД, включающей в себя макро-, мезо- и микроуровни. Этот результат следует расценивать как значительный вклад в физику и механику деформируемых твердых тел. На основе многоуровневой концепции моделирования интенсивных пластических деформаций были описаны, в частности, процессы равноканального углового прессования (РКУП) медных образцов. Следует отметить также разработку физически обоснованной модели деления зёрен, совместимую с моделями пластического поведения материалов, и исследование эволюции разориентировок малоугловых границ зерен при РКУП, приводящей к формированию ультрамелкодисперсной структуры материала с большеугловыми границами зерен. Далее были рассмотрены задачи численного расчета процессов получения микро- и наноструктурных материалов с заданными свойствами при РКУП, в том числе, длинномерных заготовок наноструктурного технически чистого титана, для чего был создан программный комплекс виртуального тестирования.

В диссертационной работе, среди большого числа новых и интересных научных результатов, необходимо отметить кинетическую дислокационную модель, описывающую деформационное поведение и процесс изменения параметров микроструктуры металлов в процессе ИПД, созданную на основе модели Эстрина-Тота. Расчеты с использованием новой кинетики позволили определить параметры дислокационной структуры наноструктурной меди.

В работе Н.А. Еникеева значительное внимание уделено зернограничной сегрегации в сплавах, полученных в процессе ИПД. В ходе исследований было обнаружено значительное уменьшение содержания магния в твердом растворе сплава



после интенсивной пластической деформации кручением. Причем на границах зерен концентрация атомов магния доходила до 30%. Дано физическое объяснение переноса атомов магния в зернограничную область и изучено влияние неравновесности границ зерен на локализацию атомов магния в материалах, полученных с использованием ИПД.

Наиболее впечатляющим результатом научных исследований автора диссертации является обнаружение и описание эффекта «сверхпрочности» материалов, проявляющегося в повышении предела текучести в процессе ИПД благодаря образованию зернограничных сегрегаций.

Совокупность результатов исследований привела к возможности осуществления наноструктурного дизайна границ зерен, что позволило обеспечить дополнительное повышение механических и функциональных свойств материалов, в том числе, сопротивляемость радиационному воздействию.

Автореферат содержит объемную информацию о проделанной работе. В нем чётко сформулирована цель работы, подробно описаны методы исследования и научные достижения. Особо следует отметить принципиально важные для практики результаты, полученные автором диссертации: обоснование процессов промышленного получения биосовместимого технически чистого титана; применение эффекта сверхпрочности ультрамелкозернистых сплавов для создания материалов с повышенными механическими свойствами; определение условий создания нержавеющей сталей с повышенной радиационной стойкостью. Указанные достижения имеют непосредственные приложения в медицине, машиностроении, энергетике.

Результаты исследований должным образом опубликованы в многочисленных статьях, в том числе изданиях, имеющих импакт-фактор Web of Science и SCOPUS, а также трудах престижных научных конференций и в двух монографиях.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым докторским диссертациям. Считаю, что автор представленной работы Нариман Айратович Еникеев достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» и по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Д.ф.-м.н., профессор,  
ВрИО директора ИМех УНЦ РАН

Урманчеев Саид Федорович,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
ВрИО директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института механики им. Р.Р. Мавлютова  
Уфимского научного центра Российской академии наук  
адрес: 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 71  
тел.: +7-247-2355255  
e-mail: [said@anrb.ru](mailto:said@anrb.ru)



Урманчеев С.Ф.