

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бобрук Елены Владимировны «Наномасштабные особенности границ зерен и механизмы низкотемпературной сверхпластичности наноструктурированных сплавов на основе алюминия», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Диссертационная работа Бобрук Елены Владимировны посвящена решению одной из ключевых проблем современного физического материаловедения – расширению температурно-скоростного диапазона сверхпластичности (СП) алюминиевых сплавов в сторону более низких температур и более высоких скоростей деформации за счет целенаправленного формирования наномасштабных особенностей их структуры. Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку традиционные процессы СП требуют высоких температур и низких скоростей деформации, что ограничивает их промышленное применение и экономическую эффективность. Разработка материалов, проявляющих эффект низкотемпературной и высокоскоростной СП, открывает путь к созданию новых энерго- и ресурсосберегающих технологий в авиационной, космической и транспортной отраслях.

Автор убедительно демонстрирует, что использование методов интенсивной пластической деформации (ИПД) для создания наноструктурированных (НС) состояний в сочетании с управлением фазовым составом и зернограницной сегрегацией позволяет кардинально изменить свойства промышленных алюминиевых сплавов. Основное внимание в диссертационной работе Е.В. Бобрук уделено исследованию роли наноразмерных частиц вторичных фаз и прослоек легирующих элементов на границах зерен (ГЗ) в механизмах сверхпластической деформации наноструктурированных алюминиевых сплавов в широком температурно-скоростном диапазоне, что является одной из ключевых задач науки о материалах. Исследовался широкий ряд сплавов, включающий системы Al-Zn, Al-Zn-Mg, Al-Mg-Mn, Al-Mg-Si, Al-Cu, Al-Cu-Mg.

При проведении исследований автор использует комплексный подход, сочетающий экспериментальные исследования передовыми современными методами (просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ), включая *in situ* эксперименты и режимы высокого разрешения, атомно-зондовой томографией) с теоретическим моделированием с использованием теории функционала плотности, метода конечных элементов.

В работе получен целый ряд принципиально новых результатов, заслуживающих высокой оценки, среди которых отмечу лишь некоторые ключевые результаты.

На атомарном уровне выявлены и описаны особенности структурно-фазовых превращений и сегрегаций в ряде модельных и промышленных алюминиевых сплавов (Al-Zn, Al-Zn-Mg, Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si, Al-Mg-Mn), происходящих при их структурировании методами ИПД (главным образом, методом КВД).

Впервые установлен феномен низкотемпературной СП (вплоть до комнатной температуры для сплава Al-30Zn) и высокоскоростной СП (до 10^{-2} с^{-1} для сплава Al-Mg-Mn) в этих материалах.

Впервые выявлены и описаны три различные сценария реализации НТСП в зависимости от типа и конфигурации наноразмерных объектов (цинковые прослойки, сегрегации атомов Mg/Cu, наночастицы вторичных фаз) и их влияние на доминирующие

ВХОД. № 4464-13
«19» 12 2025.

механизмы деформации – зернограничное проскальзывание (ЗП) и внутризеренное дислокационное скольжение (ВДС).

Составлена научнообоснованная обобщающая карта температурно-скоростных условий реализации НТСП для различных систем сплавов, что имеет большую прогностическую ценность.

Предложены численные модели для установления режимов получения 1) пилотных образцов сложной формы из НС сплава системы Al-Zn-Mg-Cu в условиях многоосного нагружения в режиме НТСП и 2) бездефектных образцов металломатричного композита из НС сплава системы Al-Mg-Mn и непрерывного высокопрочного волокна в условиях прессования в режиме НТСП металлической матрицы.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, она обеспечена применением взаимодополняющих современных методов исследования, корреляцией экспериментальных данных с результатами численного моделирования, воспроизводимостью результатов и их публикацией в высокорейтинговых международных журналах, а также апробацией результатов на научных российских и международных конференциях.

Основные выводы диссертации сделаны на основе большого количества экспериментальных результатов и хорошо обоснованы. Публикации соответствуют теме диссертации.

По представленным в автореферате результатам имеются вопросы:

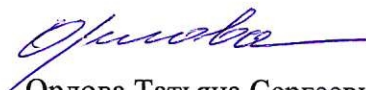
1. Наиболее высокие прочностные свойства исследованных сплавов, проявляющих НТСП, были достигнуты для НС состояний, полученных методом КВД. Насколько разработанные режимы формирования таких НС состояний пригодны для получения крупногабаритных полуфабрикатов (профилей, масштабных деталей сложных форм) в промышленных условиях, учитывая, что методы КВД имеют ограничения по размеру заготовки? Возможно ли получение подобных НС, реализующих одновременно высокую прочность и НТСП другими альтернативными методами, позволяющими получать более крупногабаритные заготовки?
2. Какова долговременная стабильность полученных НС состояний? Можно ли прогнозировать, как изменятся наномасштабные структурные элементы (сегрегации, наночастицы) и, как следствие, свойства материалов при длительной эксплуатации при повышенных температурах (например, 100-150°C), отличных (более низких) от температур СП-формовки?

Поставленные выше вопросы по полученным результатам ни в коей степени не снижают ценность представленной к защите диссертационной работы. Они скорее указывают на возможное направление развития исследований в направлении возможного внедрения полученных результатов.

Автореферат свидетельствует о том, что диссертационная работа Е.В. Бобрук представляет собой завершённое фундаментальное исследование, выполненное на очень высоком научном и методическом уровне. Полученные результаты вносят весомый вклад в науку о материалах, открывая новые направления в создании высокоэффективных конструкционных материалов на основе алюминия с уникальными свойствами.

На основании ознакомления с авторефератом считаю, что диссертационная работа **Бобрук Елены Владимировны** полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, что соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор **Бобрук Елена Владимировна** заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Главный научный сотрудник лаборатории
физики профилированных кристаллов
отделения физики твердого тела
Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН,
Доктор физико-математических наук


Орлова Татьяна Сергеевна

Согласна на обработку персональных данных.

Докторская диссертация, защищена по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»



Подпись Орловой Т.С. удостоверяю
отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

 , Н.С. Бузенов 12.11.2025

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26
e-mail: orlova.t@mail.ioffe.ru, тел.: +7 (921) 5664280