

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Макарова А.С.

«Диаупругий эффект и термодинамика релаксационных явлений в металлических стеклах», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Макарова А.С. посвящена установлению физических механизмов, определяющих структурную релаксацию и термодинамические свойства металлических стекол. **Актуальность исследований** структурной релаксации и термодинамических свойств металлических стекол обусловлена их ключевой ролью в определении термической стабильности, механического поведения и стеклообразующей способности, что напрямую влияет на возможность получения массивных образцов аморфных сплавов с низкими критическими скоростями охлаждения. Понимание этих процессов позволяет прогнозировать вязкость в переохлажденном жидком состоянии (фрагильность расплава), что критически важно для разработки новых составов. Кроме того, релаксационные явления определяют долговременную стабильность и охрупчивание материала при эксплуатации, а также влияют на микроструктуру. Таким образом, актуальность диссертации Макарова А.С. не вызывает сомнений.

Научная новизна работы заключается в создании и экспериментальной проверке единого термодинамического подхода применительно к 40 металлическим стеклам. Данный подход впервые позволяет количественно связать диаупругие релаксации, тепловые эффекты, релаксацию объема, фрагильность и избыточные термодинамические функции металлических стекол с учетом фундаментальной взаимозависимости свойств кристаллической, жидкой и стеклообразной фаз. В работе впервые экспериментально подтверждена гипотеза о равенстве температурных коэффициентов модуля сдвига для стеклообразного и кристаллического состояний сплавов в отсутствие структурной релаксации, что стало ключевым шагом для выделения диаупругого эффекта. Впервые разработаны методы прогнозирования температурной зависимости модуля сдвига и изменения плотности на основе калориметрических данных. Особого внимания заслуживает предложенный энтропийный подход с введением безразмерного параметра структурного порядка. Впервые установлена прямая корреляция между максимальной избыточной энтропией в состоянии переохлажденной жидкости и стеклообразующей способностью расплавов, что показывает определяющую роль структурной неупорядоченности для подавления кристаллизации при переохлаждении.

Практическая значимость определяется разработкой экспериментально проверенных методов прогнозирования температурной зависимости модуля сдвига, тепловых эффектов, изменения плотности, фрагильности, избыточной энтальпии, энтропии и потенциала Гиббса металлических стекол. Установленные корреляции между избыточной энтропией, параметром структурного порядка и стеклообразующей способностью расплавов создают научную основу для целенаправленного поиска новых составов с заданными свойствами (включая высокоэнтропийные сплавы), а также контроля термической стабильности и прогнозирования эксплуатационных характеристик материалов.

Качество изложения и оформления автореферата находится на высоком уровне. Содержание глав представлено последовательно, от методологии и экспериментальной проверки базовых гипотез до количественного описания взаимосвязей и построения критериев стеклообразования. Текст хорошо иллюстрирован рисунками и таблицами, которые наглядно демонстрируют ключевые результаты и высокую степень согласия экспериментальных данных с предложенными моделями.

В качестве замечания и вопроса для дискуссии можно отметить следующее.

Проиллюстрированная на рисунке 9 корреляция сдвиговой вязкости при температуре стеклования T_g с энтропией смешения и избыточной энтропией

металлического стекла, автором ограничена констатацией этого факта и кратким пояснением. Хотелось бы увидеть более детальное обсуждение механизма, через который конфигурационная энтропия смещения влияет на избыточную энтропию стекла и, как следствие, на вязкость. Является ли это следствием изменения дефектной структуры или иных факторов?

Указанное замечание не снижает общей высокой оценки работы и носит характер пожелания и рекомендации.

Содержание автореферата диссертации, посвященной исследованию структурной релаксации, термодинамических свойств и стеклообразующей способности металлических стекол, полностью соответствует паспорту научной специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния (отрасль науки – физико-математические). Полученные результаты лежат в области изучения физических свойств неупорядоченных систем (пп. 1, 2), кинетики релаксационных процессов и переходов жидкость-стекло (п. 3), а также разработки математических моделей и создания физической основы для разработки новых материалов с заданными свойствами (пп. 5, 6).

Анализ автореферата позволяет заключить, что диссертационная работа Макарова Андрея Сергеевича «Диаупругий эффект и термодинамика релаксационных явлений в металлических стеклах» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. По актуальности, научной новизне, объему и достоверности экспериментального материала, теоретической и практической значимости полученных результатов диссертация полностью соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям, согласно пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. Соискатель, Макаров Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Согласен на обработку персональных данных.

Кузьменко Александр Павлович,
д.ф.-м.н. (1.3.8 – физика конденсированного состояния), профессор, главный научный сотрудник Регионального центра нанотехнологий Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет».

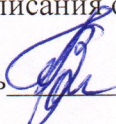
Почтовый адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Е-mail: ark3527@mail.ru

Телефон: 84712222506

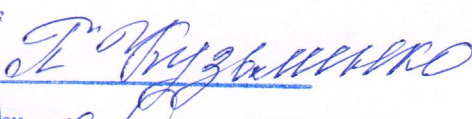
Дата написания отзыва:

13.08.26

Подпись  А.П. Кузьменко

Подпись ФИО заверяю:





13.08.2026