

УТВЕРЖДАЮ:

Федеральное государственное  
автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
технологический университет



«НИТУ МИСиС»

Проректор по науке и инновациям

М. Р. Фидонов

15.06.2017 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «НИТУ МИСиС» на диссертационную работу

**Селезнева Михаила Николаевича**

«Пространственно-временные закономерности локализованной пластической деформации объемных металлических стекол», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Селезнева М.Н. посвящена исследованию деформационного поведения металлических аморфных фаз, сочетающего экспериментальные методы наблюдения распространения полос сдвига с моделированием изменения структурного состояния.

#### **Актуальность работы**

Объемные металлические стекла обладают уникальным сочетанием таких механических свойств, как высокая прочность и высокий предел упругой деформации, что определяет перспективы использования их в ряде устройств. Тем не менее, эти материалы в ряде случаев демонстрируют хрупкое поведение при относительно невысоких степенях деформации, что ведет к преждевременному катастрофическому разрушению изделий из объемных металлических стекол, связанному с локализацией пластической деформации в полосах сдвига. Для решения данной проблемы необходимо повышать пластические свойства металлических стекол, что невозможно без понимания физической природы полос сдвига, являющихся носителем деформации в аморфных сплавах при нормальных условиях. Одним из путей исследования такого рода явлений, как полосы сдвига, является

Входящий ИМСМ  
№ 612  
от 15.06.2017

развитие техники визуального наблюдения структурных изменений под действием деформации, что, из-за необходимости высокого пространственного разрешения и очень высоких скоростей процесса, требует очень значительной локализации измерений во времени и пространстве. Создание оригинальной методики и разработка специализированного оборудования в настоящей работе позволило производить видеосъемку механических испытаний с высокой скоростью записи и микроскопическим увеличением.

Общеизвестно, что разрушение аморфных металлических сплавов происходит вследствие деформационного разупрочнения материала в полосах сдвига. Однако тонкости этого явления по-прежнему являются предметом постоянных дискуссий, что подтверждается: большим объемом ежегодно публикуемой на эту тему литературы; проведением международных конференций, специально посвященных этой тематике, а также многообразием предложенных теорий локализованной деформации металлических стекол. Остаются открытыми вопросы о наличии и типе упругих полей, порождаемых полосами сдвига, а также о скорости их зарождения и распространения в металлическом стекле. Несмотря на большое количество публикаций по вышеназванным вопросам, количество экспериментальных работ по прямому наблюдению эволюции полос сдвига крайне мало. Такие работы сфокусированы либо на высокой скорости съемки, либо на микроскопическом увеличении процесса. В данной работе создана экспериментальная установка, сочетающая и высокоскоростную видеосъемку, и микроскопическое увеличение, что позволило, наконец, ответить на фундаментальные вопросы о свойствах полос сдвига на примере наиболее перспективных аморфных сплавов. Кроме того, в работе представлено эффективное сочетание классических исследовательских методов (механические испытания, химический анализ, рентгеноструктурный анализ, калориметрия и т.д.) с современными методами измерения (сканирующая интерферометрия белого света, корреляция цифровых изображений).

#### **Научная новизна работы**

В диссертационной работе Селезнева М.Н. получены важные результаты, научная значимость и новизна которых заключается в следующем:

1. Экспериментально установлено количественное соответствие поля абсолютной деформации в заторможенной вершине полосы сдвига в металлическом стекле и рассчитанного модельного поля в рамках дислокационного подхода макроскопической деформации.

2. Впервые экспериментально доказано, что формирование полосы сдвига в металлическом стекле происходит с конечной скоростью, быстрое нарастание которой сменяется затуханием по степенному закону.
3. Впервые показано, что создание и накопление избыточного свободного объема в полосе сдвига в металлическом стекле может быть теоретически интерпретировано в рамках дислокационного подхода.

### **Практическая ценность работы**

1. Разработанная методика синхронизации высокоскоростной видеозаписи по сигналу АЭ может быть использована в качестве эффективного инструмента в практике исследования локализованной деформации материалов.
2. Экспериментальная установка, спроектированная, созданная и запатентованная в рамках диссертационной работы, несомненно, обладает практической ценностью и может быть использована как в исследовательских, так и в прикладных задачах материаловедения.
3. Полученные в работе новые данные и расчеты должны быть учтены при разработке теории пластичности аморфных металлических сплавов и других упругих изотропных твердых тел, не имеющих упорядоченной структуры дальнего порядка.

### **Достоверность и обоснованность результатов**

Достоверность экспериментальных данных полученных в работе Селезнева М.Н. результатов обеспечивается корректностью поставленных задач, использованием широкого набора взаимодополняющих экспериментальных методов, тщательностью проведения экспериментов, а также обоснованностью используемых приближений и согласием результатов теоретического анализа с имеющимися экспериментальными данными. Научные выводы и заключения, представленные в диссертационной работе, являются обоснованными и достоверными.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Дислокационная теория деформации получила значительное развитие по отношению к кристаллическим упорядоченным структурам, применение ее к описанию деформации неупорядоченных структур дает интересную интерпретацию наблюдаемых эффектов. Для понимания применимости дислокационной теории к описанию неупорядоченных структур следовало бы



развить подходы физико-математического аппарата теории дислокаций известные для кристаллических тел. Например, на основании знаний о полях напряжений в области полосы сдвига можно было бы рассчитать эффективный вектор Бюргерса, или энергию «дислокации».

2. Одна из основных целей диссертационной работы заключается в выяснении механизма распространения полос сдвига. Однако представления механизма деформации путем движения «дислокаций» на атомарном уровне не предложено. Хотелось бы видеть закономерности, которые вытекают из предложенной модели деформации, и хотя бы гипотетические представления о связи скорости движения полос сдвига с такими характеристиками и параметрами как коэффициенты диффузии компонентов, модуль Юнга, температура.

Высказанные замечания по диссертационной работе Селезнева М. Н. в основном относятся к рекомендациям по дальнейшему развитию данного направления и не меняют общей положительной оценки работы.

В целом, диссертация Селезнева Михаила Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные исследования. Основные результаты диссертационной работы являются новыми, они представлены и изложены четко и убедительно, выводы в работе логически обоснованы. Тема исследования является актуальной, а сама работа выполнена на высоком научном уровне. Автореферат и опубликованные труды автора отражают основные положения диссертационной работы, а результаты исследований прошли широкую апробацию на отечественных и международных научных конференциях.

#### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Результаты работы могут быть полезны организациям, занимающимся разработкой и производством аморфных металлических сплавов, таким как: ОАО «Мстатор», НПП "Гаммамет", ПАО «Ашинский металлургический завод», МИФИ-АМЕТО и др., предприятиям, занимающимся разрушающим контролем материалов: ЗАО НПО "ТЕХКРАНЭНЕРГО, АНО СЦТДЭ "ДИАСИБ", АО "НЕФТЕМАШ" – САПКОН, Анамет и др., а также академическим организациям, проводящим исследования в области физики конденсированных сред, таких как: ФГБ УН «Казанский физико-технический институт имени Е. К. Завойского Казанского научного центра РАН», ФГБУН «Институт химической физики имени Н. Н. Семенова РАН», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», ФГБОУ ВПО «Санкт-

Петербургский государственный технический университет», ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уро РАН» и др.

**Заключение.** Диссертационная работа Селезнева Михаила Николаевича выполнена на актуальную тему и представляет собой законченный научно-исследовательский труд. Полученные экспериментальные результаты обоснованы и достоверны, имеют практическую и научную ценность.

Таким образом, диссертационная работа Селезнева М.Н. «Пространственно-временные закономерности локализованной пластической деформации объемных металлических стекол» соответствует предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа и настоящий отзыв обсуждены и одобрены на расширенном научно-техническом семинаре Центра композиционных материалов Института новых материалов и нанотехнологий НИТУ «МИСиС».

Директор института новых  
материалов и нанотехнологий  
Научно-исследовательского технологического  
университета «МИСиС»,  
д. ф-м. н.

Калошкин Сергей Дмитриевич

Тел. 8(499) 236-72-94  
E-mail: [kaloshkin@misis.ru](mailto:kaloshkin@misis.ru)  
г.Москва, Ленинский проспект, 4

