

УВЕРЖДАЮ:

ФГАОУ ВО Национальный

исследовательский технологический

университет «МИСиС» Проректор по

науке и инновациям

М. Р. Филонов

"25" мая 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «НИТУ МИСиС» на диссертацию Болтынюка Евгения Вадимовича «Механическое поведение аморфных сплавов со структурой, модифицированной интенсивной пластической деформацией», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Актуальность темы выполненной работы.

Объемные металлические стекла, обладая уникальным сочетанием таких механических свойств, как высокая прочность и высокий предел упругой деформации, в то же время как правило являются хрупкими при относительно невысоких степенях деформации. Диссертационная работа Е.В. Болтынюка посвящена решению актуальной проблемы – повышения механических свойств аморфных металлических сплавов путем модификации структуры при интенсивной пластической деформации кручением (ИПДК). Одним из возможных путей повышения пластичности аморфных металлических сплавов является формирование в образце множественных полос сдвига, в том числе, и путём предварительного пластического деформирования. Поэтому вопросы, связанные с исследованием аморфных металлических сплавов подвергнутых ИПДК, являются актуальными на сегодняшний день. Изучение этих вопросов дает понимание о природе эволюции структуры металлического стекла в процессе ИПДК, а также о его физико-механических свойствах и стабильности. Работа направлена на изучение возможности повышения пластичности аморфных сплавов через изучение механизмов деформирования и механических свойств объёмного металлического стекла со структурой, модифицированной ИПДК.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Главным в диссертационной работе является поиск новых возможностей повышения пластичности аморфных металлических сплавов, модифицированных ИПДК. В настоящее время известен способ повышения пластичности путем частичной термической кристаллизации аморфного сплава с образованием дисперсных кристаллических включений, равномерно распределённых в аморфной

матрице. Диссертантом проведено изучение возможности повышения пластичности аморфных сплавов путём модификации структуры с помощью ИПДК. Анализ процессов деформации металлических стекол и кристаллизации и позволяет прогнозировать процессы разрушения, тем самым расширяя область применения аморфных сплавов, ограниченную их низкой пластичностью. Это один из важнейших результатов работы, имеющий и научное и практическое значение.

Диссертантом впервые методами дифракционного рентгеновского анализа и прямого измерения плотности обнаружено повышение свободного объёма в аморфном сплаве $Zr_{62}Cu_{22}Al_{10}Fe_5Dy_1$ в результате ИПДК при температурах 20 и 150°C. Показано формирование высокой плотности полос сдвига двух типов: первичных и вторичных. Выявлено, что морфология полос сдвига зависит от температуры ИПДК-обработки. Показано, что воздействие ИПДК приводит к изменению характера поверхности разрушения аморфного сплава при последующих механических испытаниях на растяжение. Обнаружено, что воздействие ИПДК приводит к изменению кривой деформирования при наноиндентировании – исчезновению регистрируемых скачков на кривой деформирования и к значительному повышению скоростной чувствительности. Показано, что ИПДК приводит к более однородному деформированию аморфного сплава.

Настоящая работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

В обзоре литературы дан критический анализ опубликованных данных по теме диссертации. Обзор является весьма полным и хорошо отражает современную ситуацию с состоянием изучаемой проблемы. Следует отметить, что большая часть рассмотренных статей является публикациями в высокорейтинговых мировых изданиях, литературный обзор диссертации представляет самостоятельную ценность.

Автор исследовал аморфный металлический сплав $Zr_{62}Cu_{22}Al_{10}Fe_5Dy_1$, обладающий относительно высокой способностью к аморфизации, что позволило подготовить экспериментальные образцы достаточного размера для проведения ИПДК. Эксперименты проводились с использованием самого современного оборудования, что создало основу для получения достоверных и воспроизводимых результатов, обеспечивающих надёжность сделанных в работе выводов.

Установлены закономерности изменения свободного объёма аморфных металлических сплавов до и после ИПДК, а также морфологии полос сдвига. Исследована зависимость температур стеклования и кристаллизации сплавов после ИПДК в сравнении с исходным состоянием. Данные результаты стали необходимой базой для понимания процессов деформации объёмных металлических стёкол (ОМС). Установлено, что ИПДК ОМС приводит к увеличению свободного объёма аморфной фазы на примерно 2%. ИПДК приводит к формированию высокой плотности полос сдвига в ОМС, исследована морфология полос сдвига.

Методом наноиндентирования получены важные результаты по изменению механических свойств аморфной фазы. ИПДК при комнатной температуре приводит к понижению значений упругого модуля и твёрдости. ИПДК подавляет или значительно понижает локализацию деформации в магистральных полосах

сдвига при деформировании. ИПДК приводит к повышению значения скоростной чувствительности и уменьшению значений энергии активации. Особенно стоит отметить результаты исследования механических свойств по испытаниям на растяжение аморфного сплава, подвергнутого ИПДК. Сплав в исходном состоянии и после ИПДК деформируется хрупко, предел прочности для ИПДК состояний ниже в сравнении с исходным, что объяснено наличием несплошностей или трещин.

Научная и практическая значимость.

В работе выявлены основные закономерности влияния ИПДК на структуру и механические свойства объёмных металлических стекол на основе Zr. Продемонстрирована тенденция повышения пластичности аморфных сплавов путём контролируемой модификации их структуры методом ИПД. Это определяет практическую значимость работы, так как повышение пластичности объёмных аморфных сплавов является одной из основных проблем, препятствующих их применению в качестве конструкционных материалов. **Выводы** диссертации полностью отражают полученные данные. Результаты, представленные в диссертации, могут быть использованы в учебном процессе и научных исследованиях, проводимых в СПбГУ, ИФПМ УГАТУ, НИТУ «МИСиС», ИФТТ РАН, ИМЕТ РАН.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Диссертационная работа, к сожалению, ограничена исследованием лишь одного состава аморфного металлического сплава $Zr_{62}Cu_{22}Al_{10}Fe_5Du_1$, в этой связи неясно, насколько полученные результаты характерны для других составов объёмных аморфных сплавов, например - на основе Zr.
2. Не совсем понятен выбор температур ИПДК: 20 °С и 150 °С. Возникает вопрос, почему не были выбраны промежуточные температуры, а также температуры выше 150 °С и ниже 20 °С?
3. Из текста диссертации не совсем понятны причины изменения физико-механических свойств сплавов, модифицированных ИПДК. Например, не совсем ясно, почему происходит смещение температур начала стеклования и кристаллизации образцов до и после ИПДК.
4. Есть, также, замечания касательно оформления диссертационной работы и используемой терминологии. Например: а) не везде указаны погрешности измерений, б) в таблице 3.1 не совсем понятна точность в определении угла два тета, т.к. где-то указан один знак после запятой, а где-то два знака, в) на некоторых микрофотографиях, в тексте диссертации, мелкие и не совсем различимые масштабные линейки (например, Рисунок 3.7), г) в тексте диссертации есть некоторые неточности в терминологии (например, по тексту диссертации везде упоминается «упругий модуль» вместо «модуля упругости» и т.п.), д) Также, в тексте диссертации, встречаются опечатки и не согласованные предложения.

Однако указанные недостатки не являются принципиальными и не меняют общего положительного впечатления от диссертации, работа заслуживает высокой оценки.

Диссертация Болтынюка Евгения Вадимовича «Механическое поведение аморфных сплавов со структурой, модифицированной интенсивной пластической деформацией» является завершённой научно-исследовательской работой. По

актуальности тематики, объему представленного материала, его новизне, научной и практической значимости диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 "О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней») и соответствует паспорту научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, а диссертант Болтынюк Евгений Вадимович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Доклад Е.В. Болтынюка заслушан и обсужден на семинаре Научно-исследовательского центра композиционных материалов 24 апреля 2018 года.

Директор института новых
материалов и нанотехнологий
НИТУ «МИСиС»,
д. ф-м. н.

Калошкин Сергей Дмитриевич

Доцент каф. Физического
материаловедения,
НИТУ «МИСиС»,
к.т.н.

Задорожный Владислав Юрьевич

Тел. +7-495-939-45-76
E-mail: inmin@misis.ru
г.Москва, Ленинский проспект, 4

