

УТВЕРЖДАЮ

**Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
физики твердого тела Российской академии
наук,
доктор физ.- мат. наук А.А.Левченко**



2018 г.

О Т З Ы В

ведущего предприятия на диссертационную работу Базлова Андрея Игоревича
“Особенности кристаллизации и механизмы деформации объёмных металлических стекол
на основе Ni, Fe, Zr”, представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов».

Диссертационная работа А.И.Базлова посвящена решению актуальной проблемы установлению закономерностей деформации металлических стекол (МС), формирования их структуры в процессе кристаллизации, а также влияния структуры МС на механические свойства. Исследование процессов кристаллизации является наиболее актуальным на сегодняшний день направлением исследований в области МС, так как дает понимание о стабильности МС во времени и возможности формирования структуры композиционного материала. Работа направлена на исследования процессов кристаллизации сплавов, выявлению основных факторов определяющих процесс деформации МС, получению двухфазной композитной аморфно-кристаллической структуры композитной структуры, и исследованию механических свойств.

Главным в диссертационной работе является поиск новых возможностей формирования структуры композита в МС и определение его корреляции со свойствами. В настоящее время основным способом получения аморфно-кристаллической структуры является кристаллизация МС при повышении при нагреве. Диссертантом разработан новый способ формирования такой структуры, обеспечивающий формирование гомогенно распределенных кристаллов в аморфной матрице, позволяющий увеличить пластичность МС. Это совместно с анализом процессов кристаллизации и деформации МС позволяет прогнозировать процессы разрушения, расширяя область применения аморфных сплавов, ограниченную на сегодняшний день низкой пластичностью данных материалов. Это один из важнейших результатов работы, имеющий научное и практическое значение.

Диссертационная работа А.И.Базлова состоит из 5 глав. В первой – обзоре литературы – дается 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 зарубежными, отражающими современные мировые тенденции развития этой области науки. Несомненно, литературный обзор в этой диссертации представляет самостоятельную ценность.

Из второй главы, где рассматриваются объекты и методы их исследования, следует, что автор экспериментально исследовал ОМС на основе железа, никеля и циркония. При этом были использованы все основные прямые методы анализа структуры и физических и механических свойств. Диссертация выполнена на очень высоком методическом уровне, о эксперименты проводились с использованием самого современного оборудования. Все это

создало основу для получения достоверных и воспроизводимых результатов, обеспечивающих высокую надежность сделанных в работе выводов.

В третьей главе рассмотрены вопросы деформации МС на примере сплавов с высокой стеклообразующей способностью $\text{Ni}_{52}\text{Pd}_{26}\text{P}_{20}\text{B}_2$ и $\text{Zr}_{62.5}\text{Cu}_{22.5}\text{Fe}_5\text{Al}_{10}$. Приведены описания экспериментов с синхронной видеозаписью, а так же экспериментов с измерением температуры образца непосредственно в процессе деформации.

Результаты, представленные в главе 3, являлись необходимой базой для понимания процессов деформации МС. Основываясь на них удалось обосновать результаты, полученные в пятой главе диссертации. В рамках экспериментов проведенной в этой главе было установлено, что деформация МС происходит в два этапа. Первый этап деформации идет по механизму сдвига, когда температура в полосе ниже, чем температура стеклования. Второй этап начинается, когда температура в полосе сдвига достигает температуры образования переохлажденной жидкости, что в итоге приводит к образованию на поверхности разрушения характерной для металлических стекол зеркальной поверхности с венообразной структурой.

Было установлено, что одиночный сброс напряжения может происходить в две стадии. Тип сброса напряжения зависит от его величины: большие сбросы напряжения происходят в две стадии. Такое поведение автор связывает с разогревом в полосе сдвига вплоть до температур выше температуры стеклования.

Логической концовкой этой главы, явился разработанный А.И.Базловым поход для расчета температуры образца при прохождении в нем полосы сдвига. Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными.

В четвертой главе проведен анализ фазовых превращений МС на основе железа при кристаллизации. Одним из важнейших результатов полученных в данной части работы является то, что на стеклообразующую способность (СОС) сплавов системы Fe-Cr-Mo-C-B-(Y,Tm) оказывает влияние не столько изменение химического состава и соответственно характеристических температур сплавов, сколько механизм кристаллизации. Так автором показано, что добавка редкоземельных металлов изменяет механизм кристаллизации с эвтектического типа на первичный. Автор связывает данный феномен с низкой скоростью диффузии Y и Tm при температуре кристаллизации. Данный результат очень важен с практической точки зрения, так как позволяет значительно увеличивать СОС сплавов за счет небольшого количества добавок РЗМ.

В пятой главе проведен анализ влияния циклической упругой деформации на структуру и механические свойства МС $\text{Zr}_{62.5}\text{Cu}_{22.5}\text{Fe}_5\text{Al}_{10}$. Показано влияние нанокристаллических частиц на пластичность сплава. Основным результатом экспериментов, проведенных в данной главе, является метод формирования наноразмерных кристаллических частиц в аморфной матрице. Изменения структуры в процессе предложенной обработки оказывают положительное влияние на пластичность сплава. Циклическая обработка сплава в упругой области увеличивает пластичность сплава вплоть до 8% при испытаниях на сжатие, при сохранении прочностных свойств. Практическая значимость такого результата неоспорима, так как повышение пластичности МС является одной из основных задач в данной области. Решение данной проблемы позволит существенно расширить область применения ОМС в качестве конструкционных материалов. Такой результат можно считать очень важным достижением диссертанта.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. В диссертации совсем не рассмотрены возможные изменения структуры аморфных сплавов в пределах аморфного состояния, в частности ее возможная гетерогенность. Такая возможность не учитывается при анализе рентгенограмм аморфных сплавов (рис.11, рис.44 г – пик явно асимметричный). В то же время гетерогенность приводит к увеличению полуширины максимума, как и напряжения.

2. В главе 4 приведены данные по среднему размеру нанокристаллов, образующихся при кристаллизации аморфных сплавов на основе железа. Размеры нанокристаллов, определенные по данным рентгенографии и электронной микроскопии отличаются в 3 раза. Диссертант считает, что отличие связано с тем, что нанокристаллы упруго деформированы, что вызывает уширение рентгеновских пиков и, следовательно, пониженные значения размера нанокристаллов, определенные по формуле Селякова – Шеррера (по сравнению с данными электронной микроскопии). Однако из текста диссертации нигде не следует, что автор обоими методами исследовал одни и те же области образцов (по глубине от поверхности). Возможность неоднородного распределения нанокристаллов по сечению образцов не рассмотрена.

3. Не совсем удачно сформулирован вывод № 4 по главе 3. То, что процесс деформации ОМС изучен с использованием комплекса физического моделирования термомеханических процессов Gleeble 3800, не является выводом. Повышение температуры в полосе сдвига на сотни градусов показано не в результате прямого измерения температуры с помощью приваренной термопары (как сформулировано в выводе), а путем анализа результатов проведенных измерений при определенных допущениях (например, о скорости распространения полосы).

Высказанные замечания не снижают общей высокой оценки работы. Диссертация выполнена на очень высоком экспериментальном уровне, содержит большое количество новых важных результатов. Сформулированные автором основные выводы по работе являются новыми и представляются достоверными и хорошо обоснованными. Результаты диссертационной работы опубликованы в 8 статьях и 4 сборниках трудов конференций. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. Она хорошо написана и оформлена.

По объёму, глубине научной и практической ценности, методическому уровню работа А.И.Базлова представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему и полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Научный доклад по материалам диссертации заслушан и обсужден на заседании семинара «Кристаллические структуры и фазовые превращения при нормальном и высоких давлениях» 04.04.2018 г.

Отзыв составил

Заведующий лабораторией структурных исследований ИФТТ РАН

доктор физико-математических наук

01.04.07 – физика конденсированного состояния

Аронин Александр Семенович (aronin@issp.ac.ru)

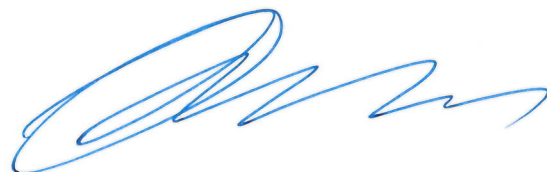


Руководитель семинара «Кристаллические структуры и фазовые превращения при нормальном и высоких давлениях»

Главный научный сотрудник ИФТТ РАН

доктор физико-математических наук

Суворов Эрнест Витальевич (suvorov@issp.ac.ru)



Адрес организации:

Российская федерация, 142432, Московская область,

Г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 2

Тел.: 8(496)52 21982

+7 906 095 4402

E-mail: adm@issp.ac.ru