

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна
Российской академии наук,
член-корреспондент РАН А. А. Левченко



2022 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), г. Черноголовка на диссертационную работу Фирсовой Анны Григорьевны на тему: «Эволюция структуры и механических свойств при термомеханической обработке аморфных сплавов с разной стеклообразующей способностью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения, изложена на 100 страницах машинописного текста, включает 53 иллюстрации, 9 таблиц, библиографический список из 219 наименований.

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность исследования следует из того, что аморфные сплавы являются особой и перспективной группой материалов, обладающей рядом преимуществ по сравнению с кристаллическими материалами. Благодаря однородной структуре и отсутствию дефектов кристаллического строения данные материалы имеют значительно более высокий уровень прочностных свойств. Однако данная группа материалов обладает серьезным недостатком, а именно отсутствием пластичности при испытаниях на растяжение, что приводит к их хрупкому разрушению, с чем и связано их ограниченное распространение в промышленности в качестве конструкционных материалов.

Локализация деформации в узкой области – полосе сдвига, является ключевым фактором, ограничивающим пластичность металлических стекол. Увеличение числа полос сдвига в материале, затруднение их продвижения и увеличение мест для их зарождения являются основными способами, позволяющими повысить пластичность данных материалов. Увеличение числа полос сдвига при деформации в материале достигалось за

счет нескольких подходов: применением схем формоизменения; созданием композиционной структуры, содержащей кристаллические фазы; увеличением пористости материалов; разработкой составов сплавов, имеющих в своей микроструктуре наноразмерные неоднородности химического состава. При этом термическая обработка для металлических стекол с высокими прочностными свойствами считается малоприменимой операцией, так как приводит к их сильному охрупчиванию за счет протекания процессов структурной релаксации.

В работе предложен уникальный подход к изменению структуры аморфных сплавов путем применения комплексной термомеханической обработки (ТМО). Предлагаемый метод включает в себя деформационную обработку для создания большого количества полос сдвига, приводящую также к объемному омоложению аморфной структуры и ускоряющую диффузионные процессы. Применение ТМО к аморфным сплавам является новым способом обработки металлических стекол. При этом, образованные на этапе деформации полосы сдвига, являясь областями с сильно измененной структурой, могут выступать местами образования областей химической неоднородности и предпочтительного зарождения и роста наноразмерных кристаллических фаз. Равномерное распределение таких дефектов в аморфной фазе может являться ключом к решению проблемы низкой пластичности за счет перехода от сильно локализованной деформации к квазигомогенной благодаря размножению и затруднению распространения полос сдвига.

Оценка содержания диссертации

Представленный материал автором изложен в пяти главах, в первой проведен анализ литературных данных по основным современным методам получения аморфных сплавов, их свойствам и особенностям. Рассмотрены проблемы, которые затрудняют широкое использование металлических стекол в промышленности. Рассмотрены вопросы влияния деформации и термической обработки на структуру и свойства металлических стекол с различной стеклообразующей способностью. Определены основные виды структур, которые позволяют добиться повышения пластичности аморфных сплавов. Во второй главе описаны лабораторные экспериментальные установки и методики проведения экспериментов. В третьей главе представлены результаты исследования влияния режимов деформации и термической обработки на структуру и свойства ленточных образцов аморфного сплава $\text{Al}_{85}\text{Y}_8\text{Ni}_5\text{Co}_2$, обладающего низкой стеклообразующей способностью (СОС). В четвертой главе представлены результаты исследования влияния режимов термической обработки, деформации, а также

– установлено, что полученные подходы к формированию структуры для сплава $Zr_{62,5}Cu_{22,5}Al_{10}Fe_5$ распространяются и на сплавы данной группы в целом, а именно на $Zr_{52,5}Cu_{32,5}Al_{10}Fe_5$ и $Zr_{42,5}Cu_{42,5}Al_{10}Fe_5$.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации:

В работе получен ряд результатов, которые представляют интерес для специалистов и организаций, которые занимаются исследованиями процессов деформации и прочностных свойств металлических стекол, разработкой и получением функциональных материалов. Результаты и выводы диссертации могут быть использованы в ряде научных организаций и предприятий России и ближнего зарубежья: ИМЕТ им. А.А.Байкова РАН, МГУ, НИТУ МИСиС, УГАТУ, ИТА НАН Республики Белоруссии, Совтест АТЕ, РАМЭМСи других.

По работе имеются следующие замечания:

1. Исследуемый сплав (глава 3) имеет химический состав $Al_{85}Y_2Ni_5Co_2$. На с. 32 написано, что при отжиге выделяется твердый раствор алюминия. Этот результат мог бы иметь принципиальное значение, если бы он был бы надежно проиллюстрирован, поскольку ни один из компонентов сплава в алюминии не растворяется. Не понятно, почему автор решила, что это не просто алюминий, что соответствовало бы многочисленным литературным данным? Более того, нас.34.написано, что образуются кристаллы твердого раствора алюминия, а через одну строчку, что кристаллы просто алюминия. На с.36 тоже упоминаются и кристаллы алюминия, и кристаллы твердого раствора алюминия. На с. 39,41 многократно упоминается образование чистого алюминия. Так что же наблюдается на самом деле? Если твердый раствор, то каких компонентов? Как меняется при этом параметр решетки? Никаких данных не приводится и остается только недоумевать.
2. При описании рентгенограмм (например, рис. 17) автор пишет о разделении дифракционных пиков, хотя речь идет о дифракционном пике от нанокристаллов и диффузном пике от аморфной фазы.
3. В главе 3 одной из причин изменения микротвердости сплава на основе Al после прокатки при повышенных температурах называется ускорение диффузионного процесса. Однако никаких оценок коэффициентов диффузии не приведено. Хорошо бы было показать хотя бы оценочные данные.

3. Важная часть работы посвящена измерению микротвердости образцов. Однако, при описании методики непонятно, по скольким измерениям усредняются данные и, соответственно, какова ошибка эксперимента.

4. В работе встречаются неудачные выражения, смысл которых можно понять только из контекста. Например, (с.36) «Нанометровый размер затрудняет образование дислокаций внутри зерна, что препятствует появлению пластичности». Как размер может затруднять образование дислокаций? Как он может препятствовать «появлению пластичности»?

Заключение

Представленная работа по своей актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов полностью отвечает критериям, установленным п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университет «МИСиС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа изложена грамотным техническим языком с использованием терминологии, принятой среди специалистов в рассматриваемой области.

Диссертационная работа является законченной и выполнена автором на высоком техническом уровне. Ее автор, Фирсова Анна Григорьевна, заслуживает присвоения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 — «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертация была заслушана и обсуждена на заседании семинара 6 июля 2022 года «Кристаллические структуры и фазовые превращения при нормальном и высоких давлениях» ИФТТ РАН.

Руководитель семинара
доктор физ. – мат. наук,
профессор



Э.В.Суворов