

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



"Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина"

ГНЦ ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина"

105005 г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел.: +7 (495) 777-93-01; факс: +7 (495) 777-93-00
e-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

Первый заместитель генерального
директора ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет
им. И.П. Бардина»



Еремин
Геннадий
Николаевич

«15» 11 2024 год № 5309-4/10
на № от

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

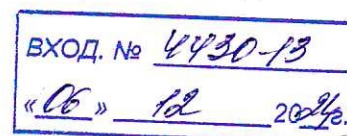
на диссертационную работу Астанина Василия Владимировича на тему «Трансформация структуры объёмного металлического стекла Vit105 при кручении под высоким давлением», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 2.6.6. – Нанотехнологии и наноматериалы.

Актуальность диссертационной работы

Диссертационная работа Астанина В.В. посвящена исследованию механизмов деформации и влияния пластической деформации на структуру и свойства аморфных сплавов, которые благодаря своей неупорядоченной структуре имеют привлекательные технологические и эксплуатационные свойства. Однако применение аморфных сплавов в ответственных изделиях обычно ограничивается крайне низкой пластичностью и недостаточно высокими значениями модуля нормальной упругости. Повышение пластических свойств аморфных сплавов возможно за счёт применения к ним деформационных воздействий, однако особенности влияния кручения под высоким давлением (КВД) на структуру и свойства объёмного аморфного сплава Vit105 на основе Zr исследованы фрагментарно, а также недостаточно изучен механизм пластической деформации аморфных сплавов, связанный с образованием и распространением полос сдвига.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и одного приложения, изложена на 140 страницах, содержит 75 рисунков и 15 таблиц, список цитируемой литературы включает 185 источников. Содержание и структура диссертации соответствуют поставленной цели исследования и находятся в логическом единстве.



Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту, сведения о личном вкладе автора, приводится список публикаций автора по теме диссертации и сведения об апробации работы.

В первой главе автор проводит анализ существующих исследований по теме диссертации. Описаны понятия свободного объема, зон сдвиговой трансформации и полос сдвига. Рассмотрены механизмы деформации и свойства аморфных сплавов, а также методы их получения и применения. Литературный обзор показал, что механизмы деформации аморфных сплавов недостаточно изучено, несмотря на множество исследований влияния КВД на структуру и свойства аморфных сплавов.

Во второй главе на основании анализа научно-технической литературы сформулированы цели и задачи исследования, которые определяют выбор методов, использованных для экспериментального изучения аморфных сплавов.

В третьей главе рассмотрены закономерности формирования полос сдвига при КВД аморфного сплава Vit105. Проведено атомистическое моделирование его структуры и процесса пластической деформации. На основе полученных результатов разработана феноменологическая модель пластической деформации аморфного сплава Vit105.

В четвертой главе изложены результаты структурных исследований аморфного сплава Vit105 в исходном состоянии и после воздействия КВД. Обнаружено формирование наноразмерной кластерной структуры материала в результате КВД. Показано, что в результате пластической деформации основная трансформация структуры происходит на начальном этапе деформации, до $n = 1$, и затем темп трансформации структуры снижается.

В пятой главе приведены результаты исследования механических свойств аморфного сплава Vit105, и влияние на них деформации КВД. Показано, что КВД приводит к изменению микротвердости материала, что связано с увеличением свободного объёма.

В конце каждой из трех глав сформулированы выводы. В заключении приведены общие выводы, сделанные по полученным в диссертационной работе результатам. На основании, полученных результатов, сделан вывод о возможности управления микропластичностью аморфного сплава за счёт предварительной пластической деформации.

Научная новизна результатов, изложенных в диссертации

В качестве наиболее важных научных результатов, полученных в диссертационной работе, можно отметить следующие:

1. На основе проведённого атомистического моделирования структуры аморфного сплава Vit105 и процесса его пластической деформации разработана феноменологическая модель возникновения полос сдвига в аморфных сплавах.
2. Установлены закономерности трансформации структуры и свойств аморфного сплава Vit105 при КВД. Показано, что в ходе КВД структура сплава

Vit105 сохраняется аморфной с выделением атомных кластеров размером $6,3 \pm 1,3$ нм, а микропластичность сплава растёт на начальных этапах КВД и снижается по мере роста деформации.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, обоснованность выводов и научных положений, выносимых на защиту, не вызывает сомнений, так как они обеспечены корректной постановкой задачи, использованием современных методов исследования. Полученные результаты нашли свою трактовку в рамках современных представлений и концепций физики прочности и пластичности твердых тел.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором работы, заключается в следующем:

В работе исследована картина возникновения полос сдвига в аморфном сплаве Vit105 при КВД. Полученные результаты позволили уточнить механизмы образования и движения полос сдвига в аморфных сплавах, а также определить плотность полос сдвига (80 ± 15 нм) и реальную величину деформации.

На основании полученных экспериментальных данных определена оптимальная величина сдвиговой деформации аморфного сплава Vit105 после КВД ($\gamma = 0.3$), при которой рост свободного объёма на 0.5 % сопровождается ростом микропластичности, что позволяет в перспективе повысить надёжность применения сплава в реальных изделиях. Указанная величина деформации аморфных сплавов может быть достигнута технологичными видами деформационной обработки, такими как прокатка и экструзия.

Результаты и выводы диссертации могут быть использованы в научных и производственных организациях России (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», ИФТТ РАН, ИМЕТ РАН, ИФМ УрО РАН и др.), а также в учебном процессе ведущих высших учебных заведений РФ (НИТУ «МИСиС», НИЯУ МИФИ и др.).

Соответствие паспорту специальности и отрасли наук:

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы» (отрасль науки – физико-математические) по п. 2. «Структурные, морфологические и механические свойства наноматериалов и композитных структур на их основе»; п. 9 «Моделирование свойств, физических явлений и технологических процессов в наноматериалах и композитных структурах».

Замечания по диссертационной работе

1. В главе 3.2 автор утверждает, что после КВД $n=1$ наблюдается проскальзывание образца в наковальнях Бриджмена и «реальная» величина деформации в ходе дальнейшего кручения практически не меняется. Возникает,

вопрос за счет чего тогда происходит изменения свойств образца по мере роста величины деформации при КВД, если наблюдается проскальзывания образца?

2. В главе 4.2.1. автор диссертации для аморфных сплавов рентгеновским методом определяет радиус первой координационной сферы. На рисунке № 4.5 видно, что первое гало на рентгенограмме сплава Vit105 после КВД $n=1$ имеет не симметричный вид (наблюдается тенденция к появлению второго максимума при $\approx 42,5^\circ$). Каким образом учитывался данный факт при анализе рентгенограмм и при трактовке полученных результатов?

3. В главе 4.2.1. автор для сплава Vit105 после КВД $n=10$ на темнопольных ПЭМ изображения наблюдает появление электронно-микроскопического контраста (рисунок №4.8г). Автор связывает данный эффект с выделением аморфных кластеров (расслоения аморфной фазы), а не с образованием нанокристаллов. При этом на рисунке №4.8б видно, что на ПЭМ изображения в режиме прямого разрешения данные выделения имеют отражения от кристаллических плоскостей. К тому же известно, что аморфное состояние, характеризуется флуктуациями плотности и топологического ближнего порядка. По этой причине, в соответствии с теорией Ландау, граница между двумя аморфными фазами должна содержать локальную переходную зону с плавно меняющимся параметром порядка. На представленных ПЭМ изображениях наблюдается отчетливая граница между аморфной матрицей и выделениями, что говорит о том, что выделяются именно нанокристаллы после КВД.

4. Данные полученные диссертантом и представленные в таблицах № 2,3 и 11-14 указаны без погрешности измерения, что затрудняет анализ полученных результатов.

5. В работе встречаются опечатки и стилистические ошибки, а также не всегда понятная терминология, например, не очень понятен термин «мощность полосы сдвига» или измерения «степени деформации» в числах оборота подвижной наковальни (корректнее использовать термин «величина деформации»). Также при ссылке на таблицы в тексте диссертации не указаны их порядковые номера.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертация написана физически корректным языком, оформлена в полном соответствии с установленными требованиями. В работе получен ряд важных и новых экспериментальных результатов, сформулированы и корректно обоснованы выводы, которые позволяют прояснить сложную природу изменения структурного состояния аморфных сплавов под влиянием мегапластической деформации. Содержание диссертации отражено в многочисленных публикациях в рецензируемых периодических изданиях, входящих в список ВАК, а также в материалах и трудах научных конференций.

Автореферат диссертации и публикации диссертанта правильно и достаточно полно отражают содержание диссертации.

В целом, по научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа Астанина В.В. соответствует критериям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 25.01.2024 г. № 62), а её автор, Астанин Василий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы.

Диссертация соискателя и отзыв на нее были заслушаны и обсуждены на расширенном заседании научно-технического совета научного центра Металловедения и физики металлов ГНЦ ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина» 14 ноября 2024 г. (протокол № 11). Результаты голосования: «За» – 17 чел., «Против» – нет, «Воздержались» – нет.

Зам. председателя НТС НЦ МФМ



д.ф.-м.н., доцент Сундеев Р.В.

Секретарь НТС НЦ МФМ



к.ф.-м.н. Филиппова В.П.

Сведения о ведущей организации

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, дом 23/9, стр.2

Наименование организации: Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина»

Телефон: +7 (495) 777-93-01

Адрес электронной почты: chermet@chermet.net