

УДК 539.3

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА КАРТИНУ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА, ФОРМИРУЕМОГО НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

© А.В. Яковлев, М.В. Слезина, Т.Н. Плужникова,
Ю.С. Туровская, С.А. Сидоров, Д.Ю. Федотов,
И.Ю. Гурьева, Д.В. Леонов, С.В. Васильева

Ключевые слова: металлическое стекло; микроиндентирование; локальное воздействие; полоса сдвига. Исследованы особенности деформационного рельефа аморфных сплавов при микроиндентировании. Установлено, что картина деформационного рельефа зависит от структурного состояния, инициируемого внешними воздействиями. Выявлены морфологические особенности поверхностей образцов после комбинированных воздействий нагрузки и нагрева, кислоты и нагрева.

Со времени получения металлических стекол (МС) ведутся интенсивные экспериментальные и теоретические исследования их свойств и структуры [1–3]. Комплексное исследование закономерностей эволюции структуры и механических свойств МС, подвергнутых внешним воздействиям, установление причин низкой термической стабильности являются актуальным направлением прикладных и фундаментальных исследований.

В работе исследовано влияние агрессивных сред и термовоздействия на образцы аморфных сплавов. Исследования проводили на ленточных МС, находящихся в исходном состоянии. Использовали ленточные аморфные сплавы на основе Co , полученные методом спиннингования. Толщина лент 20 мкм. Исследования проводили на образцах с размерами $3,5 \times 90$ мм. Индентирование МС проводили на микротвердомере ПМТ-3. Индентирование ленточных МС осуществляли со стороны бесконтактной поверхности ленты в специальном устройстве [4] в разных точках поверхности.

Перед индентированием часть образцов отжигали в печи при разных температурах и выдержке 20 мин. [5], а часть выдерживали в 20 %-ном растворе азотной кислоты в течение 1, 10, 12 и 20 мин.

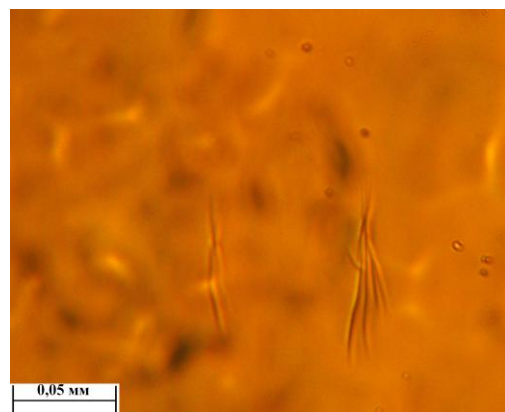
В результате комбинированного воздействия индентора и нагрева, индентора и кислоты на поверхности образцов образуются различного рода деформационные рельефы, вид которых приведен на рис. 1.

Качественно деформационные рельефы аналогичным рельефам, формируемым на образце, находящемся в исходном состоянии, но имеют особенности, связанные с изменением структурного состояния, инициируемого внешними воздействиями. На отожженных образцах пластическое течение имеет преимущественное направление (рис. 1б, 1в), что обусловлено неоднородностью МС и наведенным структурным состоянием. МС находятся в метастабильном состоянии, в них происходят процессы структурной релаксации (СР), приводящие к атомным перестройкам. В нашем эксперименте в образцах МС происходят конкурирующие процессы СР и начинающейся кристаллизации. Вместе

они приводят к изменению структурного состояния, чем и обусловлены особенности деформационного рельефа поверхности отожженных образцов. Рельеф, формируемый на поверхности образцов, подверженных влиянию кислоты и нагрузки, также имеет особенности. На поверхности образцов наблюдается сетчатая



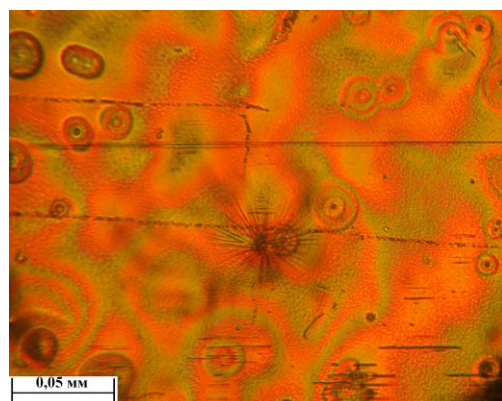
а)



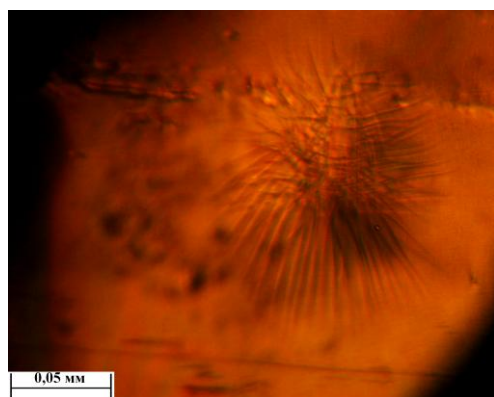
б)



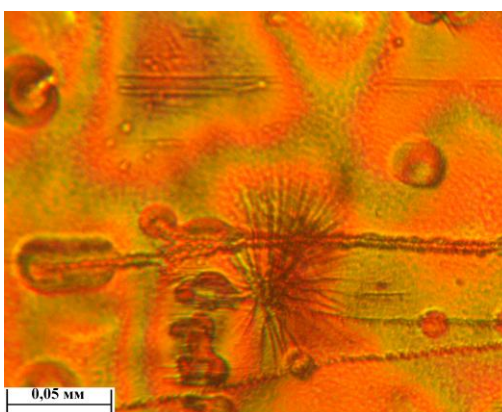
в)



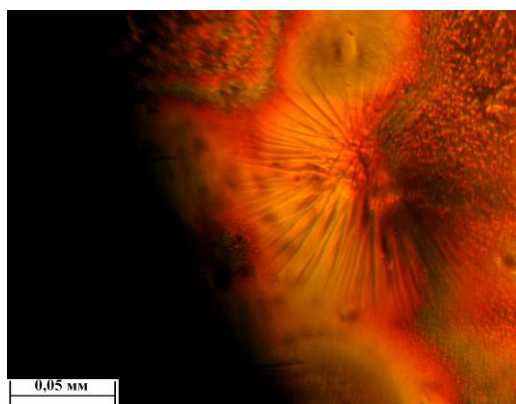
ж)



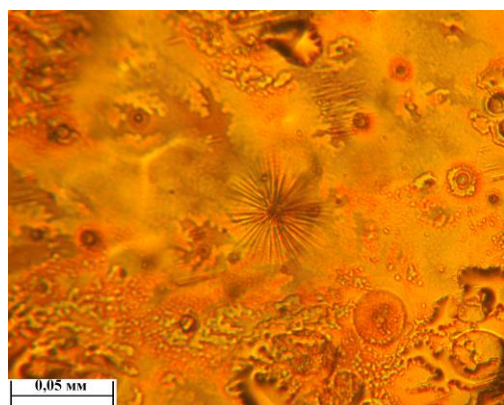
г)



з)



д)



е)

Рис. 1. Морфология поверхности металлических стекол при комбинированном воздействии нагрузки и нагрева: а)–в) температура отжига 300 °С, время выдержки 20 мин., нагрузки и 20 %-ного водного раствора азотной кислоты; г) 1 мин.; д) 10 мин.; е) 12 мин.; ж), з) 20 мин.

структура (рис. 1г), на некоторых выделяется преимущественное направление пластического течения (рис. 1д, 1з). На всех образцах наблюдается питтинговая коррозия, которая также влияет на пластическое течение. В частности, наблюдается (рис. 1з) увеличение длины полос сдвига при переходе через очаг питтинговой коррозии.

С целью количественной оценки внешних влияний на морфологию рельефа для сплава с содержанием кобальта ~ 80 % были построены зависимости длины и количества полос сдвига от температуры. Видно, что повышение температуры приводит к изменению картины деформационного рельефа. Число полос сдвига остается практически постоянным. Величина прогиба поверхности определяется величиной приложенной нагрузки и не зависит от температуры. Длина полос сдвига определяется величиной прогиба. Длина полос уменьшается незначительно не более чем на 20 % и может быть связана с процессами структурной релаксации, локализуемых на границах полос сдвига и процессами топологического упорядочивания.

Таким образом, характер деформационного рельефа, формируемого при локальном воздействии на образцах МС, подверженных дополнительному влиянию отжига и кислот, имеет свои особенности, отличающие

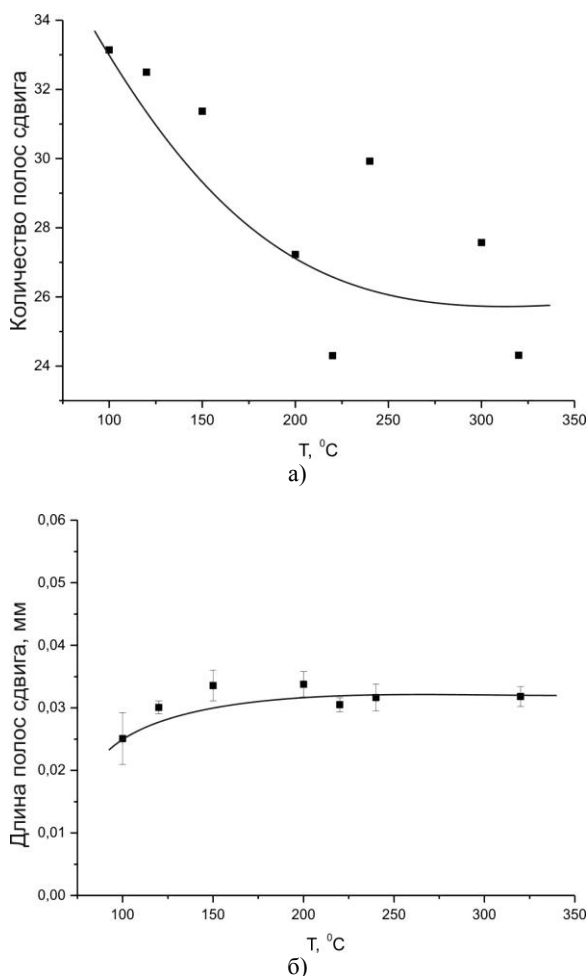


Рис. 2. Зависимости изменения количества полос сдвига: а) от длины полос сдвига; б) от температуры для сплава марки АМАГ-179

его от рельефа, формируемого на образце в исходном состоянии. Что обусловлено изменением структурного состояния, инициируемого этими воздействиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глезер А.М., Молотилев Б.В. Структура и механические свойства аморфных сплавов. М.: Металлургия, 1992. 208 с.
2. Аморфные металлические сплавы: сб. науч. тр. / под ред. Ф.Е. Любурского. М.: Металлургия, 1987. 584 с.
3. Федоров В.А., Яковлев А.В., Капустин А.Н. Влияние отжига на кинетику процессов охрупчивания аморфных сплавов // Металловедение и термическая обработка металлов. 2008. № 8 (638). С. 39-41.
4. Яковлев А.В., Федоров В.А., Плужникова Т.Н., Черемисина Ю.В., Колесников Д.А., Гончаров И.Ю., Марадудина О.Н. Рельеф, формируемый на поверхности объемных и ленточных металлических стекол при микроиндентировании // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2010. Т. 15. Вып. 3. С. 1101-1102.
5. Яковлев А.В., Федоров В.А., Храбров А.П., Барышев Г.А. Оптимизация режимов отжига металлических стекол // Сборник материалов 17 Петербургских чтений по проблемам прочности, посвященных 90-летию со дня рождения профессора А.Н. Орлова. 10-12 апреля 2007 г. СПб., 2007. Ч. 1. С. 72-73.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 12-01-00638.

Поступила в редакцию 21 ноября 2013 г.

Yakovlev A.V., Slesina M.V., Pluzhnikova T.N., Turovskaya Y.S., Sidorov S.A., Fedotov D.Y., Gurieva I.Y., Leonov D.V., Vasilyeva S.V. AGGRESSIVE MEDIA INFLUENCE ON PICTURE DEFORMATION RELIEF, FORMED ON SURFACE OF METALLIC GLASSES AT LOCAL INFLUENCE

The features of the deformation relief amorphous alloys at microindentation are researched. It is found that the pattern of strain relief depends on the structural state, triggered by external influences. The morphological features of the surfaces of the samples after the combined effects of load and heat, acid and heat are disclosed.

Key words: metallic glass; microindentation, local impact, shear band.

Яковлев Алексей Владимирович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры общей физики, e-mail: DAK-83@mail.ru

Yakovlev Aleksey Vladimirovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Lecturer of General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Слезина Мария Вячеславовна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра общей физики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Slezina Mariya Vyacheslavovna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Post-graduate Student, General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Плужникова Татьяна Николаевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики; e-mail: plushnik@mail.ru

Pluzhnikova Tatyana Nikolayevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of General Physics Department, e-mail: plushnik@mail.ru

Туровская Юлия Сергеевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра общей физики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Turovskaya Yuliya Sergeyevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Post-graduate Student, General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Сидоров Сергей Анатольевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра общей физики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Sidorov Sergey Anatolyevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Post-graduate Student, General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Федотов Дмитрий Юрьевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра общей физики, e-mail: dmitry_989@mail.ru

Fedotov Dmitriy Yuryevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Post-graduate Student, General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Гурьева Ирина Юрьевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, магистрант по направлению подготовки «Физика» института математики, физики и информатики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Gurieva Irina Yuryevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate for Master's Degree of Direction of Preparation of "Physics" of Mathematics, Physics and Informatics Institute, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Леонов Дмитрий Владимирович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, студент специальности «Физика» института математики, физики и информатики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Leonov Dmitriy Vladimirovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Student of "Physics" Specialty of Mathematics, Physics and Informatics Institute, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Васильева Светлана Васильевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, зав. лабораториями кафедры общей физики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Vasilyeva Svetlana Vasilyevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Head of Laboratories of General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru