

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0008. Исследования проведены с использованием оборудования ТМЦКП НИ ТГУ.

Список литературы

1. C. Suryanarayana, *Prog. Mater. Sci.* **46**, 1-184 (2001).
2. P. Cavaliere, "Spark plasma sintering of materials: advances in processing and applications", Springer, (2019).
3. J. Meng, C. C. Jia, Q. He, *Powder Metall.* **51**, 227-230 (2008).
4. J. Pan, T. Dai, T. Lu, X. Ni, J. Dai, M. Li, *Mater. Sci. Eng., A.* **738**, 362-366 (2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНДЕНТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НЕГОМОГЕННОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

О.М. Остриков

УО «Белорусский государственный университет транспорта», Гомель, Республика Беларусь

E-mail: omostrikov@mail.ru

Металлические стекла обладают уникальными и важными для практического применения физико-механическими свойствами, обусловленными отсутствием в атомной структуре материала дальнего порядка [1–3]. Изучение взаимосвязи структуры материала и его механических свойств целесообразно для прогнозирования химического состава металлического стекла, обеспечивающего нужные для его эксплуатации свойства. Металлическим стеклам свойственна негомогенная пластическая деформация [1–3], оказывающая существенное влияние на их прочностные характеристики. Как было показано в [2, 3], для изучения негомогенной пластической деформации хорошо подходит методика индентирования поверхности.

Целью данной работы стало исследование ионной имплантации на негомогенную пластическую деформацию металлических стекол.

Исследовались аморфные сплавы сложного состава: $\text{Fe}_{82.3}\text{Cr}_{4.0}\text{Mo}_{7.2}\text{V}_{0.5}\text{B}_{4.0}\text{Si}_{2.0}$, $\text{Fe}_{81.4}\text{Cr}_{4.0}\text{Mo}_{6.0}\text{Ni}_{5.2}\text{C}_{1.0}\text{Mn}_{2.1}\text{Al}_{0.3}$, $\text{Fe}_{71.7}\text{Ni}_{6.0}\text{Co}_{2.4}\text{Cr}_{7.5}\text{Mo}_{7.9}\text{B}_{4.0}\text{Si}_{0.5}$, $\text{Fe}_{86}\text{P}_{9.8}\text{C}_{1.0}\text{Si}_{0.9}\text{Al}_{1.7}\text{B}_{0.6}$ (в вес. %). Индентирование поверхности аморфных лент осуществлялось алмазной пирамидой Виккерса с помощью нагрузочного механизма прибора ПМТ-3. Нагрузка P на индентор выбиралась в пределах от 0,05 до 2,0 Н. Использование нагрузки выше 2,0 Н представлялось нецелесообразным, так как из-за малой толщины лент существенным оказывалось влияние на результаты измерений противоположной поверхности.

Установлено, что имплантация ионов азота энергией 95 кэВ, дозами $2 \cdot 10^{16}$, $1 \cdot 10^{17}$ и $2 \cdot 10^{17}$ ион/см² приводит к уменьшению числа полос сдвига в виде полуколец ($N_{\text{п}}$) на 25%, 38% и 50% соответственно. При этом максимум функции $N_{\text{п}} = f(P)$ смещается в область более высоких нагрузок. В случае же облучения дозой $2 \cdot 10^{17}$ ион/см² в исследуемом интервале нагрузок зависимость $N_{\text{п}} = f(P)$ линейная. Уменьшение числа полос сдвига в виде полуколец происходит на фоне увеличения их удаленности от отпечатка индентора на 4 мкм и 2 мкм при дозах облучения $2 \cdot 10^{16}$ и 10^{17} ион/см² соответственно. С ростом дозы облучения длина полос сдвига в виде полуколец уменьшается. Имплантация ионов азота приводит также к уменьшению числа полос сдвига типа лучей на 35%, 52% и 68% при дозах

облучения $2 \cdot 10^{16}$, 10^{17} и $2 \cdot 10^{17}$ ион/см² соответственно и увеличению их длины на 15% и 58% при дозах облучения $2 \cdot 10^{16}$ и 10^{17} ион/см² соответственно.

Таким образом, показана возможность успешного использования метода индентирования поверхности для изучения влияния ионной имплантации на неомогенную пластическую деформацию металлических стекол.

Автор благодарит М.Н. Верещагина, В.Г. Шепелевича и Ф.Ф. Комарова за участие в обсуждении результатов и любезно предоставленные образцы.

Список литературы

1. Глезер А.М., Молотиллов Б.В. М.: Металлургия, 1992. – 208 с.
2. Остриков О.М. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2006. – № 12. – С. 18–21.
3. Верещагин М.Н., Шепелевич В.Г., Остриков О.М. Негомогенная пластическая деформация аморфных сплавов на основе железа. Монография. – Гомель: Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», 2004. – 134 с.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

М.С. Пархоменко^{1,2}, А.И. Базлов^{1,2}.

¹ НИТУ «МИСИС», Россия, г. Москва, Ленинский проспект 4.

² СПбГУ, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9

Email: parkhomenko.m@misis.ru

Аморфные металлические стекла (МС) – достаточно молодой класс металлических материалов, отличающихся от привычной промышленности сплавов тем, что не обладают дальним порядком в расположении атомов. Так же, МС обладают однородной, неупорядоченной структурой, а отсутствие дислокационного механизма деформации обеспечивает МС такую комбинацию свойств как превосходные прочностные свойства, высокую микротвердость, высокие физические свойства, такие как, например, удельное электросопротивление и коррозионную стойкость. Однако, недостатком МС является низкая пластичность, так как их механизм деформации заключается в зарождении и распространении полос сдвига (ПС). ПС имеют толщину около 10-20 нм, эти области характеризуются ускоренной диффузией, меньшей твердостью и омоложенной структурой. Ранее, многие научные коллективы выдвигали гипотезу, что для более достижения более высокой пластичности МС предпочтительно образование большого количества ПС при деформации, а также создание неоднородностей – блокираторов распространения ПС, препятствующих разрушению. Такие неоднородности возникают вследствие нанокристаллизации МС или фазового расслоения в них.

Кручение под высоким давлением (ИПДК) представляет собой тип сильной пластической деформации, однако, благодаря мягкости схемы деформирования она применяется даже к достаточно твердым материалам. В данной работе исследуются процессы влияния ИПДК на структуру и свойства аморфного сплава Zr_{62,5}Cu_{22,5}Fe₅Al₁₀. Исследование подтверждает, что ИПДК приводит к структурным преобразованиям, вызванным деформацией сдвига. Результаты показывают, что ИПДК приводит к разделению исходной однородной аморфной матрицы на области с различным химическим составом. Кроме того, деформация сдвига приводит к изменению процесса кристаллизации. В литом образце наблюдается эвтектическая кристаллизация переохлажденной жидкости. Метастабильная фаза CuZr превращается в стабильную фазу при более высокой температуре. Деформация сдвигом при низкой степени деформации приводит к перераспределению атомов внутри аморфной матрицы, что, в свою очередь, изменяет