

## ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ «КРИСТАЛЛ $\leftrightarrow$ АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ» В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ ПРИ КРУЧЕНИИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Сундеев Р.В.<sup>1</sup>, Шалимова А.В.<sup>2</sup>, Глезер А.М.<sup>2</sup>, Велигжанин А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> РТУ МИРЭА, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина», Москва, Россия

<sup>3</sup> НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

[sundeev55@yandex.ru](mailto:sundeev55@yandex.ru)

В настоящее время большие пластические деформации являются одним из наиболее эффективных способов формирования аморфной и нанокристаллической структуры в металлических сплавах. К наиболее развитым методам больших пластических деформаций относится кручение под высоким давлением (КВД).

Для проверки имеющегося в литературе предположения о том, что причиной деформационной кристаллизации аморфных сплавов является локальный адиабатический разогрев в полосах сдвига, был поставлен специальный эксперимент. Аморфные сплавы  $\text{Fe}_{50}\text{Ni}_{33}\text{B}_{17}$ ,  $\text{Fe}_{54}\text{Ni}_{29}\text{B}_{17}$ ,  $\text{Fe}_{58}\text{Ni}_{25}\text{B}_{17}$ ,  $\text{Fe}_{72}\text{Cr}_{10}\text{B}_{18}$ ,  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_{19}\text{Cr}_{15}\text{B}_{18}$ ,  $\text{Co}_{68}\text{Fe}_5\text{Cr}_4\text{Si}_{11}\text{B}_{12}$ ,  $\text{Fe}_{75}\text{Si}_8\text{B}_{17}$  и  $\text{Fe}_{65}\text{Cr}_{15}\text{Zr}_2\text{B}_{16}\text{C}_2$  близкие по химической природе, но имеющие различные значения температуры кристаллизации ( $T_{кр}$ ), деформировали методом кручения под высоким давлением (КВД) в одинаковых условиях ( $n = 1$ ,  $P = 6$  ГПа, комнатная температура). Экспериментально обнаружено, что, чем ниже значение температуры кристаллизации аморфного сплава, тем больше значение объёмной доли ( $V_{кр}$ ) кристаллической фазы наблюдается после КВД при одинаковых условиях деформации. В условиях КВД при криогенных температурах (77К) аморфных сплавов системы Fe-Ni-B и  $\text{Fe}_{75}\text{Si}_8\text{B}_{17}$  при тех же самых величинах деформации заметного изменения структуры не выявлено ни рентгеновскими, ни электронно-микроскопическими методами исследования. Тем не менее, фиксируется изменение величины теплового эффекта, возможно связанного с более тонкими структурными изменениями в сплавах, чем ранее наблюдаемые. В связи с этим проведено изучение атомной структуры сплавов методом EXAFS в синхротронном излучении. Анализ EXAFS-спектров показал, что в ходе КВД изменяется как химическое окружение выбранного атома Fe, так и среднее межатомное расстояние пар Fe-Fe, Fe-Si и Fe-Ni.

Методами рентгеноструктурного анализа, просвечивающей электронной микроскопии и EXAFS спектроскопии подробно исследованы стадии аморфизации кристаллического сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{25}\text{Cu}_{25}$  в ходе КВД. Оказалось, что аморфная фаза зарождалась на границах кристаллических фрагментов. При продолжении деформации сетка утолщалась и трансформировалась в массивную деформационно-индуцированную аморфную фазу, которая охватывала практически, весь объем материала.

*Авторы выражают благодарность РФФИ за финансовую поддержку (грант 20-02-00291 а). EXAFS исследования проведены при финансовой поддержке гранта РНФ № 19-72-20066.*