

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Фирсовой Анны Григорьевны «Эволюция структуры и механических свойств при термомеханической обработке аморфных сплавов с разной стеклообразующей способностью», представленный на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

В последние годы внимание исследователей в области физического материаловедения привлечено к изучению особенностей механизмов деформации аморфных сплавов и влиянию режимов термомеханической обработки на структуру и свойства аморфных сплавов с различной композицией элементов. Известно, что аморфные сплавы имеют высокий уровень прочностных свойств, благодаря однородной структуре и отсутствию дефектов кристаллического строения. При этом для них характерно отсутствие пластичности при испытаниях на растяжение, что приводит к их хрупкому разрушению, что является существенным недостатком и ограничивает их практическое применение. Поэтому работа Фирсовой А.Г., направленная на установление влияния термомеханической обработки (ТМО) на структуру и свойства аморфных сплавов с различной стеклообразующей способностью, обладает новизной и актуальностью.

Фирсова А.Г. в своей работе исследовала механизмы развития и распространения полос сдвига в металлических стеклах с различной стеклообразующей способностью и установила закономерности изменения аморфной структуры в процессе деформации. А также установила закономерности влияния режимов термической и термомеханической обработки на структуру и механические свойства металлических стекол с различной стеклообразующей способностью.

Диссертантка показано, что для сплава  $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$  с низкой стеклообразующей способностью наблюдается сильный эффект размягчения (на 104 HV) после прокатки при 200 °С. Наблюдаемый эффект противоположен наблюдаемому при термической нанокристаллизации твердого раствора на основе алюминия в данном сплаве. Для сплава  $Zr_{62.5}Cu_{22.5}Al_{10}Fe_5$  установлено, что плотность полос сдвига зависит не только от величины, но и от температуры деформации. В работе доказано, что с ростом степени деформации при термомеханической обработке наблюдается смена типа распада аморфной матрицы со спинодального к механизму зарождения и роста частиц в сплаве  $Zr_{62.5}Cu_{22.5}Al_{10}Fe_5$ . Выявлено, что термомеханическая обработка аморфных сплавов  $Zr_{85-x}Cu_xAl_{10}Fe_5$ , где  $x = 22.5; 32.5; 42.5$ , приводит к образованию наноразмерных аморфных областей химической неоднородности. В работе установлено, что термомеханическая обработка сплава  $Zr_{42.5}Cu_{42.5}Al_{10}Fe_5$  по режиму: прокатка при комнатной температуре со степенью деформации 30 % и последующим отжигом при 300 °С в течение 60 минут приводит к его частичной нанокристаллизации, в структуре наблюдается образование нанокристаллов размером до 5 нм.

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.

По автореферату диссертационной работы можно сделать следующие замечания:

- 1) Из текста автореферата не до конца понятно, почему в главе 3 при исследовании особенностей кристаллизации аморфного сплава  $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$  выбрано время отжига именно 30 минут?
- 2) В главе 3 представлены результаты исследования влияния режимов деформации и термической обработки на структуру и свойства аморфного сплава  $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$ , обладающего низкой СОС. Что именно подразумевается под низкой СОС? По каким критериям определялась стеклообразующая способность?

- 3) В электронной версии автореферата отсутствует рисунок 7, а у рисунка 4 отсутствует подрисуночная подпись.

Представленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы Фирсовой А.Г., полученные диссертантом результаты соответствуют поставленной цели и задачам исследования, диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, а ее автор Фирсова Анна Григорьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Сундеев Роман Вячеславович

Кандидат физико-математических наук

Ученое звание: Доцент

Должность: Старший научный сотрудник

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

Почтовый адрес: 105005, Москва, ул. Радио 23/9, стр. 2

Тел.: +7-916-827-9693

E-mail: [sundeev55@yandex.ru](mailto:sundeev55@yandex.ru)

Согласен на обработку персональных данных

Подпись Р.В. Сундеева заверяю

12.09.2022г.

Ученый секретарь

ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Москвина Т.П.