

УДК 539.24, 669.2, 538.951

¹С.Н. Кедровский, ¹В.Н. Слєпченко канд. техн. наук, ²В.П. Мельничук,

²Д.П. Мельничук

¹Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, Украина

²Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический Институт», Украина

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СПЛАВЫ $Zr_{86}Nb_{14}$ И $(Zr_{86}Nb_{14})_{99,99}Y_{0,01}$

S.N. Kedrovsky, V.N. Slepchenko Ph.D., V.P. Melnichuk, D.P. Melnichuk

NEW FUNCTIONAL ALLOYS $Zr_{86}Nb_{14}$ AND $(Zr_{86}Nb_{14})_{99,99}Y_{0,01}$

Функциональные материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ), сверхупругостью, сверхпластичностью уже нашли широкое применение как в промышленности, так и в медицине. Актуальной задачей является разработка и внедрение в производство безопасных для человеческого организма функциональных сплавов, созданных из биосовместимых элементов. К их числу можно отнести сплавы на основе системы Zr-Nb. Ранее было известно о протекании в закаленных сплавах этой системы мартенситного превращения (МП) [1-4], что позволило нам предположить о перспективности их исследования на наличие функциональных свойств.

Образцы массой 30 г сплавов $Zr_{86}Nb_{14}$ и $(Zr_{86}Nb_{14})_{99,99}Y_{0,01}$ выплавлялись из чистых шихтовых компонент (цирконий 99.9%, ниобий 99.9% и иттрий 99.9%) методом вакуумно-дугового переплава в атмосфере аргона. Отклонение химического состава не превышало 0,01 ат. %. Подготовленные к исследованию образцы подвергали закалке от 1000°C ($\tau=300$ с) в воду комнатной температуры.

В закаленных сплавах $Zr_{86}Nb_{14}$ впервые обнаружено наличие ЭПФ. Зависимости прогиба от температуры (3-й и 30-й циклы термоциклирования) представлены на рис. 1. Наблюдается сохранение способности к неполному восстановлению формы на протяжении более 30 циклов термоциклирования. При этом максимальный прогиб уменьшается: 14 мм для третьего цикла и 12 мм – для тридцатого. Коэффициент восстановления формы составляет 90% и 85% соответственно. В процессе термоциклирования происходит уменьшение температурного гистерезиса превращения, характеристические температуры МП имеют тенденцию к возрастанию. Следует добавить, что при термоциклировании не рекомендуется нагревать образцы выше 600°C; в противном случае, происходит усиленная пластическая деформация, деградация ЭПФ. Можно предположить, что деградация МП происходит из-за образования ω -фазы, которая препятствует образованию α' -фазы (рис.2).

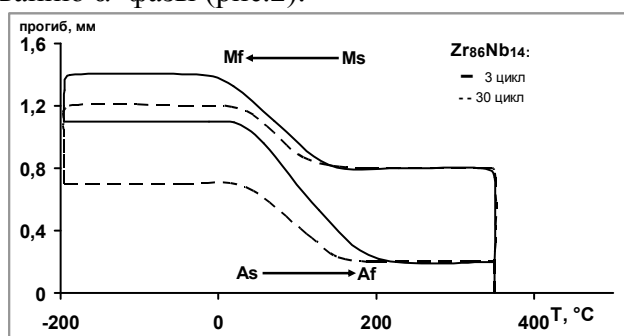


Рис. 1. Зависимость накопления и восстановления деформации от температуры для сплава $Zr_{86}Nb_{14}$. P=100 г. Циклы №3 и №30.

Функциональные характеристики сплавов можно существенно изменить за счет дополнительного легирования. Например, добавление иттрия приводит к уменьшению размера зерен, что может положительно повлиять на механические свойства сплава. Это и послужило выбором иттрия в качестве легирующего элемента.

Исследования микроструктуры показали, что базовый сплав $Zr_{86}Nb_{14}$ имеет крупнозеренную структуру, размер зерен достигает 1000 мкм (рис.3а), наблюдаются картины структуры, соответствующие α' (ГПУ), β (ОЦК) и ω фазам, наличие которых подтверждает рентгеноструктурный фазовый анализ (рис. 2).

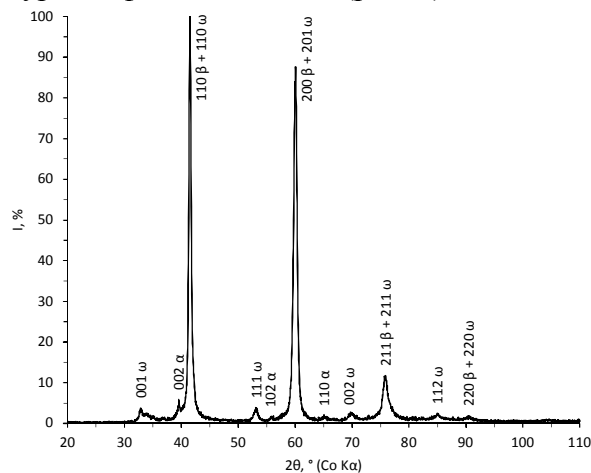


Рис.2. Рентгеноструктурный фазовый анализ сплава $Zr_{86}Nb_{14}$.

Микролегирование 0,01 ат.% иттрия кардинально меняет картину микроструктуры. Как и предполагалось, размер зерен значительно уменьшился, но, вместе с тем, появилась дендритная структура (рис. 3б). Дендриты содержат α' и ω фазы. Тем не менее, функциональные свойства сплава сохранились, ЭПФ присутствует. Характеристические температуры МП не изменились (в пределах погрешности прибора).

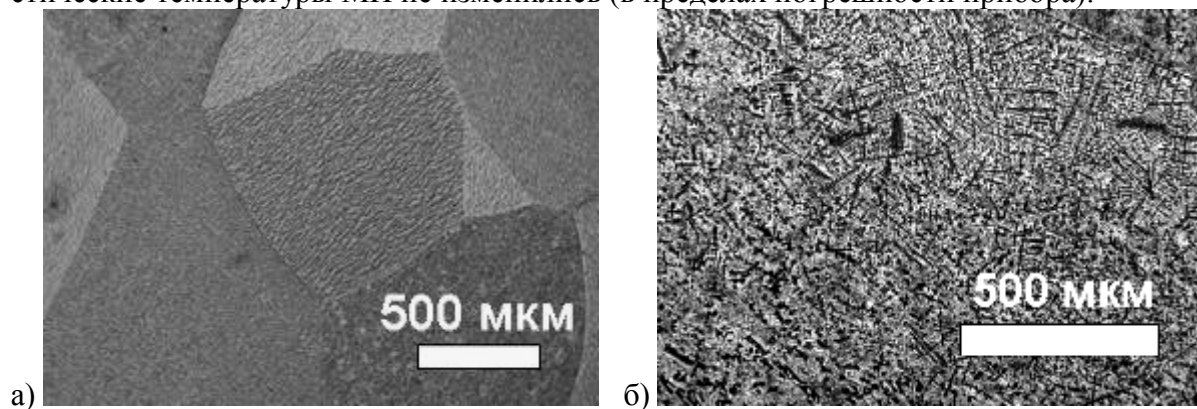


Рис.3. Микроструктура закаленных сплавов: $Zr_{86}Nb_{14}$ (а), $(Zr_{86}Nb_{14})_{99.99}Y_{0.01}$ (б).

Литература

- 1.Р.Е.Дж. Флэвитт, J. Appl. Crystallogr., V. 5: 423 (1972).
- 2.Р.Е.Дж. Флэвитт, Acta Metall., V. 22: 47 (1974).
- 3.Н.И. Талуц, Закономерности Структурных И Фазовых Превращений В Цирконии И Его Сплавах С Переходными Металлами Iv-Viii Групп Периодической Системы Элементов (дис. д-ра физ-мат. наук: 01.04.07) (Екатеринбург, 2006).
- 4.Т.П. Черняева, В.М. Грицина, Е.А. Михайлов, Р.Л. Василенко, Е.А. Слабоспицкая, Вопросы Атомной Науки И Техники, №. 2: 95 (2011).