

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ТОКОМ В СПЛАВАХ TiNi

Столяров В.В., Потапова А.А.

ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

vlstol@mail.ru

Недавно было показано, что для получения материалов с высоким уровнем механических и технологических свойств можно использовать метод прокатки с током [1], который в сочетании с постдеформационным отжигом позволяет добиться значительного структурного измельчения [1,2]. Целью данной работы является исследование деформационного воздействия прокаткой с током на деформируемость, структуру и характеристики памяти формы сплавов на основе TiNi.

С целью определения влияния исходного фазового состава материалами исследования были выбраны сплавы в форме прутков $\varnothing 6.1 \times 135$ мм: а) $Ti_{49.2}Ni_{50.8}$, обладающий в закаленном состоянии структурой В2-аустенита; б) $Ti_{50.0}Ni_{50.0}$ с исходной структурой В19'-мартенсита. Для сравнения деформационной способности образцы были подвергнуты прокатке с током до разрушения. Использовали однополярный импульсный ток плотностью $j = 100$ А/мм² и 140 А/мм², длительностью импульса 120×10^{-6} с и частотой 1000 Гц. Для определения характеристик памяти формы, образцы, предварительно прокатанные и отожженные при 450°C, деформировали в мартенситном состоянии методом трехточечного изгиба до деформации 10%. После разгрузки образцы нагревали до температуры A_k в свободном состоянии для получения коэффициента восстановления (отношение обратимой после нагрева деформации к остаточной деформации после разгрузки).

Результаты исследования сплавов $Ti_{50.0}Ni_{50.0}$ и $Ti_{49.2}Ni_{50.8}$ показывают, что прокатка с током для каждого из сплавов повышает деформируемость в 6-10 раз по сравнению с прокаткой без тока. Измерение микротвердости в процессе прокатки с током (рис. 1) обоих сплавов показало ее значительное повышение по сравнению с исходным недеформированным состоянием. Уровень микротвердости, как до деформации, так и после, в застехиометрическом сплаве выше, чем в сплаве эквиатомного состава.

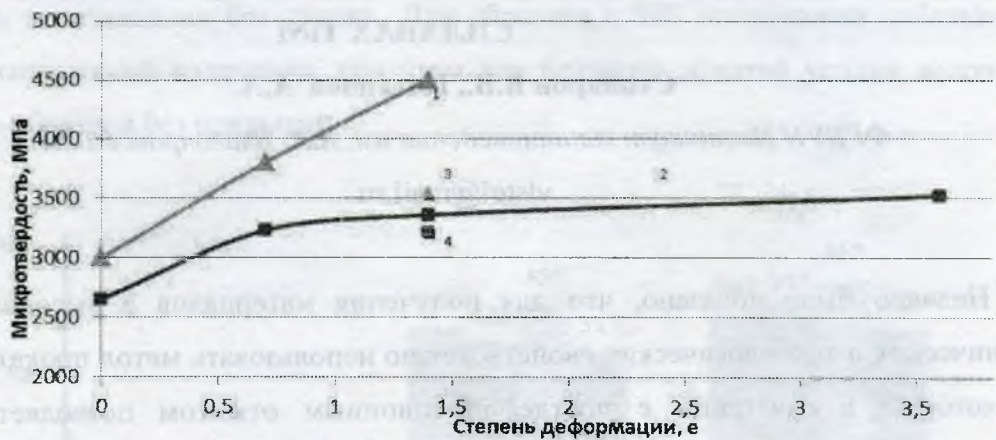


Рисунок 1. Микротвердость в зависимости от степени деформации: 1- $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$, 2- $Ti_{50,0}Ni_{50,0}$, 3- $Ti_{49,2}Ni_{50,8} + \text{отжиг при } 500^\circ\text{C}$, 4- $Ti_{50,0}Ni_{50,0} + \text{отжиг при } 500^\circ\text{C}$

На рис. 2 представлена микроструктура деформированных с током сплавов после отжига. В сплаве с исходной аустенитной структурой после прокатки с током до степени деформации $\epsilon=1,2$ с последующим отжигом при 500°C формируется наноструктура со средним размером зерна 80 нм.

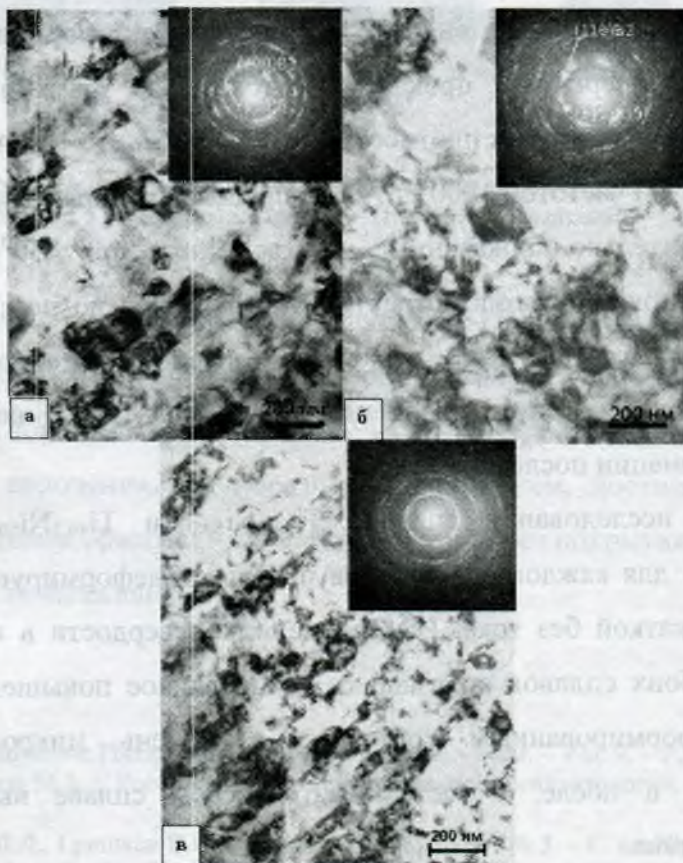


Рисунок 2. Микроструктура сплавов после прокатки с током и отжига: а- $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$ $\epsilon=1,2 + \text{отжиг при } 500^\circ\text{C}$; б - $Ti_{50,0}Ni_{50,0}$ $\epsilon=1,4 + \text{отжиг при } 500^\circ\text{C}$; в- $Ti_{50,0}Ni_{50,0}$ $\epsilon=1,4 + \text{отжиг при } 450^\circ\text{C}$

Отжиг при 500°C в сплаве с исходно мартенситной структурой приводит к формированию зеренной структуры с несколько большим размером зерна (около 100 нм)

нм), однако снижение температуры отжига до 450 °С позволяет получать структуру со средним размером зерен менее 60 нм. Анализ дифракционных картин позволяет сделать вывод о том, что сплав $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$ после прокатки с током и отжига остается преимущественно в аустенитном состоянии, в то время как в сплаве $Ti_{50,0}Ni_{50,0}$ формируется смешанная аустенитно-мартенситная структура.

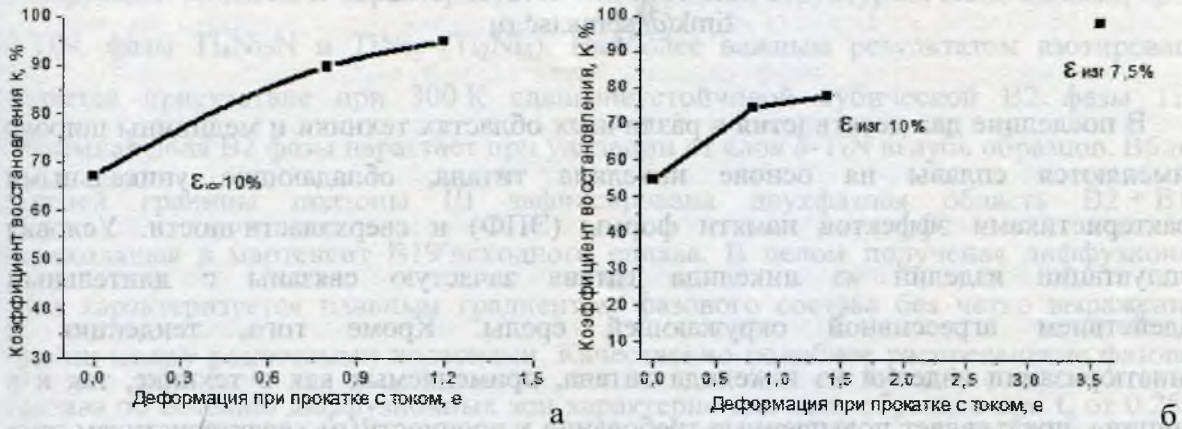


Рисунок 3. Зависимость коэффициента восстановления от деформации при прокатке с током в сплаве $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$ (а) и $Ti_{50,0}Ni_{50,0}$ (б)

Исследование характеристик памяти формы показало, что использование прокатки с током за счет формирования наноструктуры приводит к повышению величины восстановления по сравнению с недеформированным состоянием (рис. 3). Видно, что сплав, обогащенный никелем, демонстрирует большие значения величины восстановления (90-96%), чем сплав эквивалентного состава (70-80%). Заметное различие в характеристике памяти формы связано со структурными особенностями сплава $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$, в котором при температурах 450-500 °С происходит интенсивное старение.

1. Столяров В.В., Угурчиев У.Х., Трубицына И.Б., Прокошкин С.Д., Прокофьев Е.А. Физика и техника высоких давлений.-2008. -Т. 16-№ 4. -с. 48-51.
2. Потапова А.А., Столяров В.В. МиТОМ. №11. - 2011. - С. 41-45