

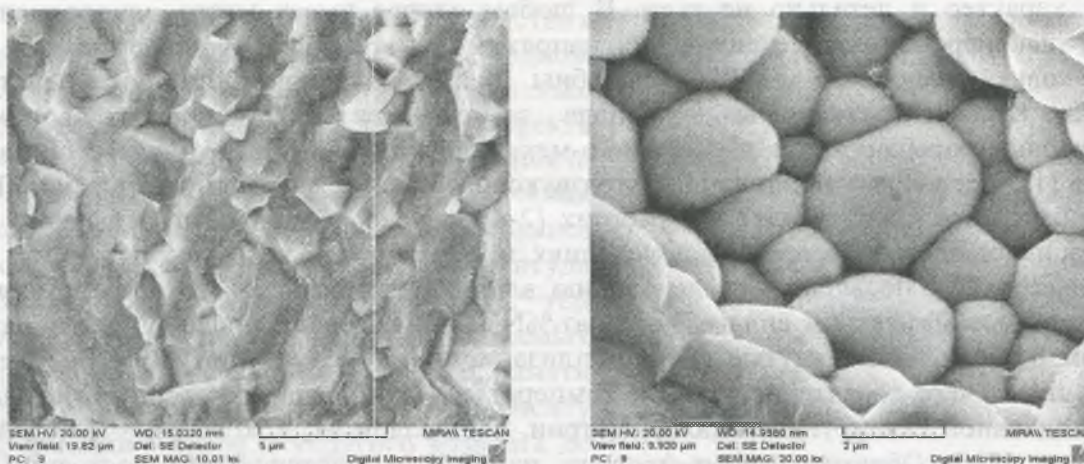


Рисунок 5 – Микроструктура керамики ЦТС-19, полученной с использованием деформации сдвига и компактирования под давлением 3 ГПа.

Таким образом, компактирование порошка ЦТС-19, активированного с помощью ультразвуковых колебаний, энергии взрыва, деформации сдвига, способствует снижению пористости керамики и более равномерному распределению пор по объему. При этом значительно уменьшаются абсолютные размеры крупных пор. Плотность полученных изделий на 2÷5% выше, чем синтезированных при использовании традиционного одноосного прессования без предварительной механоактивации. Прессование заготовок в условиях высоких квазигидростатических давлений позволило снизить уровень остаточных механических напряжений в прессовках, что исключило возникновение трещин при последующем обжиге.

Список литературы:

1. Рубаник В.В., Шилин А.Д., Рубаник В.В. мл. и др. Перспективные материалы / Витебск: Изд. Центр УО ВГТУ, 2009. – 542 С.
2. Рубаник В.В., Шилин А.Д., Рубаник В.В. (мл.), Пушкарев А.В. Микроструктура керамики, полученной с использованием ультразвуковой механоактивации и высоких давлений // Актуальные проблемы прочности: материалы 51-й международной конференции / Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» НАНУ – Харьков: НАНУ, 2011. – С. 390

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Функциональные и машиностроительные материалы и технологии, наноматериалы».

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В Ti-50,4ат.%Ni

^{1,2}Рубаник В.В., ^{1,2}Рубаник В.В. мл., ²Милюкина С.Н.

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь

²УО «Витебский государственный технологический университет», s.niko@tut.by

В процессе ультразвуковой обработки (УЗО) в материале неизбежно возникают механические знакопеременные напряжения, которые оказывают влияние на структуру материала, а, значит, и на его физико-механические свойства. Механизм ультразвукового воздействия на материалы с термоупругими фазовыми переходами имеет довольно

сложный характер и детально не ясен. В любом случае имеет место одновременное действие знакопеременных механических напряжений и тепловое воздействие, так как ультразвуковые колебания (УЗК) способны значительно повышать температуру материала. Причём результаты материала зависят как от мощности вводимых ультразвуковых колебаний, так и от физико-механических свойств исходного состояния материала [1]. Исследования влияния ультразвукового воздействия при озвучивании TiNi в свободном состоянии приводятся в работах [2-4], однако подобных исследований для материала, находящегося в стеснённых условиях, в литературе не встречаются.

Данная работа посвящена исследованию влияния ультразвукового воздействия на деформационные эффекты в сплаве Ti-50,4at.%Ni. Использовали проволоочные образцы диаметром 0,65 мм, подвергнутые рекристаллизационному отжигу при 700°C в течение 30 минут, после чего характеристические температуры материала, измеренные методами дифференциальной сканирующей калориметрии, составляли $M_n = 30^\circ\text{C}$, $M_k = 14^\circ\text{C}$, $A_n = 41^\circ\text{C}$, $A_k = 57^\circ\text{C}$. Образцы деформировали изгибом в мартенситном состоянии до различных степеней деформаций ε_i , разгружали и после упругого возврата измеряли наведённую деформацию ε_i , затем жёстко фиксировали в специальном устройстве и возбуждали в них ультразвуковые колебания частотой 22 кГц. Мощность вводимых ультразвуковых колебаний варьировали за счет изменения амплитуды колебаний на торце волновода, которая в наших экспериментах составляла 3; 5 и 8 мкм.

За динамикой нагрева образца в процессе ультразвукового воздействия продолжительностью 60 секунд наблюдали при помощи тепловизионной камеры (рисунок 1). В первые секунды после включения ультразвука наблюдается резкий рост температуры образца, причём наиболее интенсивно увеличивается температура в точках с наибольшей знакопеременной деформацией. Достигнув некоторого максимального значения ($\sim 65\div 72^\circ\text{C}$), которое не зависит от мощности вводимых ультразвуковых колебаний, температура начинает уменьшаться до значений $\sim 50\div 55^\circ\text{C}$, а далее остаётся практически на том же уровне до момента выключения ультразвука. Можно констатировать, что интенсивный нагрев образцов за счёт поглощения энергии УЗК продолжается до перехода никелида титана (полностью или частично) в аустенитное состояние, в котором внутреннее трение ниже по сравнению с мартенситным, вследствие чего дальнейшего нагрева не происходит. Наблюдаемое на зависимостях незначительное падение температуры, может быть связано с изменением собственной резонансной частоты колебательной системы при переходе материала в аустенитное состояние, т.е. энергии ультразвука становится недостаточно, чтобы поддерживать или увеличивать температуру образца выше A_k .

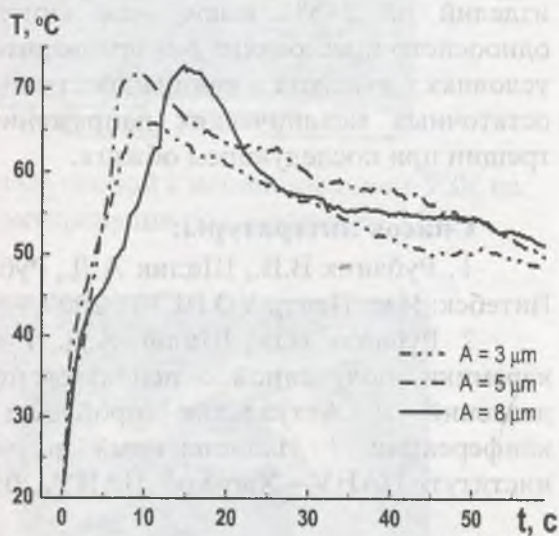


Рисунок 1 – Зависимость температуры образца от времени ультразвукового воздействия.

После ультразвукового воздействия образцы термоциклировали в свободном состоянии через интервал мартенситных переходов и определяли значение эффекта памяти формы $\varepsilon_{\text{пф}}$ (рис. 2). Видно, что после ультразвуковой обработки значения восстанавливаемой деформации уменьшаются. Причём чем выше амплитуда вводимых механических напряжений, тем меньше значения восстанавливаемых деформаций при реализации эффекта памяти формы. Так при сообщении мартенситу деформации $\sim 8,2\%$ и упругого возврата до $\sim 6,3\%$ после озвучивания и последующего нагрева эффект памяти формы составил: $\sim 2,1\%$ для $A \approx 8$ мкм; $\sim 3,9\%$ для $A \approx 5$ мкм; $\sim 4,2\%$ для $A \approx 3$ мкм. Для неозвученного образца это значение составляет $\sim 4,6\%$.

Вероятно, ультразвуковое воздействие на продеформированный и защемлённый материал, т.е. в условиях, когда возврат наведённой деформации при ультразвуковом инициировании невозможен, способствует перераспределению дислокаций и частичной релаксации напряжений в материале.

Динамика возврата деформации в процессе нагрева образцов показана на рисунке 3. Для всех образцов сообщённая в мартенситу деформация $\sim 6,2\%$ после упругого возврата составляла $\sim 4,8\%$. По характерным перегибам на кривых деформирования видно, что в образцах после озвучивания возврат деформации начинается раньше, а заканчивается позже, чем в неозвученном образце, т.е. имеет место расширение температурного интервала возврата деформации. Кроме того, в образцах после ультразвукового воздействия наблюдается двустадийность процесса формовосстановления, в то время как в неозвученном образце возврат деформации начинается при температуре $\sim 61^\circ\text{C}$ и заканчивается при $\sim 74^\circ\text{C}$, протекая одностадийно. Следует также отметить, что первая стадия у всех озвученных образцов начинается при температуре $\sim 45^\circ\text{C}$, а вот начало второй стадии зависит от мощности ультразвукового воздействия, – и с увеличением амплитуды вводимых ультразвуковых колебаний её температурный диапазон сдвигается в сторону повышения температур. Возможно, что в данном случае наличие первой стадии объясняется раздвойникованием мартенсита и возвратным движением дислокаций, обусловленными последствиями ультразвукового воздействия. Особенности реализации второй стадии свидетельствуют о том, что возврат деформации на этой стадии связан непосредственно с реакцией мартенсит $\rightarrow$ аустенит.

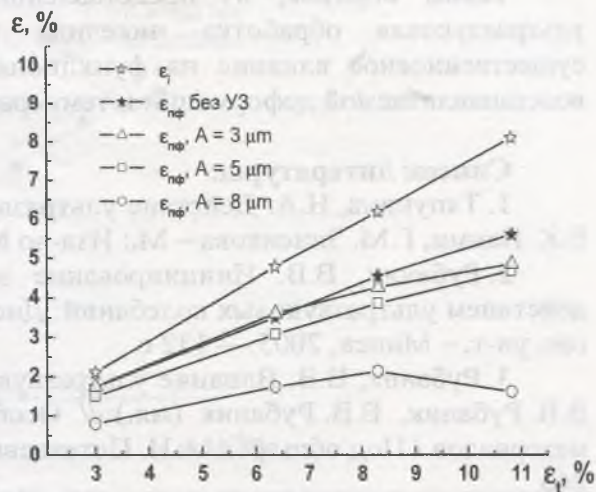


Рисунок 2 – Зависимости восстанавливаемой деформации от деформации, сообщённой мартенситу, для образцов без УЗО и после УЗО различной мощности.

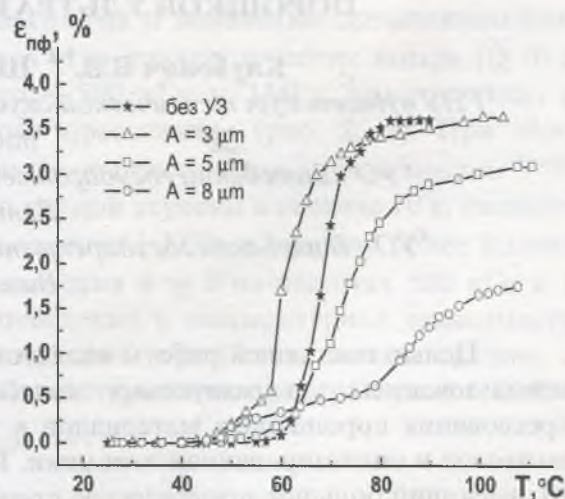


Рисунок 3 – Зависимости восстанавливаемой деформации от температуры для образцов без УЗО и после УЗО различной мощности.

Таким образом, из представленных экспериментальных данных следует, что ультразвуковая обработка никелида титана в стеснённых условиях оказывает существенное влияние на функциональные свойства материала, изменяя значения восстанавливаемой деформации и температурный диапазон формовосстановления.

Список литературы:

1. Тяпунина, Н.А. Действие ультразвука на кристаллы с дефектами / Н.А. Тяпунина, Е.К. Наими, Г.М. Зиненкова – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 238 с.
2. Рубаник, В.В. Инициирование эффекта памяти формы в сплавах Ti-Ni под действием ультразвуковых колебаний: Дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.07 / Белорусский гос. ун-т. – Минск, 2005. — 132 с.
3. Рубаник, В.В. Влияние ультразвука на деформационное поведение TiNi сплавов / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник (мл.) // Особенности структуры и свойств перспективных материалов / Под общ. ред. А.И. Потекаева. – Томск, Изд-во НТЛ, 2006. – Гл. 12. – С. 219-240.
4. Rubanik Jr., V.V. The influence of ultrasound on shape memory behavior / V.V. Rubanik Jr., V.V. Rubanik, V.V. Klubovich // Materials Science and Engineering A 481-482, 2008. – P. 620–622.

СВОЙСТВА КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕХАНОАКТИВАЦИЕЙ ПОРОШКОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Клубович В.В.^{1,2}, Шилин А.Д.^{1,2}, Шилина М.В.³

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Беларусь,
ita@vitebsk.by

²УО «Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Беларусь,

⁴УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»,
г. Витебск, Беларусь

Целью настоящей работы является получение керамики цирконат-титанат свинца с использованием ультразвуковых колебаний (УЗК) и исследование закономерностей прессования порошковых материалов в поле ультразвуковых колебаний, свойств пресс-заготовок и синтезированной керамики. Исходным для исследования выбран состав ЦТС-19, имеющий большое практическое применение.

Компактирование заготовок с использованием УЗК проводили с использованием продольной схемы подведения УЗК. Источником УЗК являлся генератор УЗГ-1-1 с частотой колебаний 18 кГц и мощностью 1 кВт. Прессование проводили без использования связки и гранулирования.

Установлено, что плотность пресс-заготовок, полученных с использованием УЗК, на 2% выше, чем изготовленных прессованием в одноосной пресс-форме (рис.1).