

Рис. 3. Низкочастотный МЭ эффект

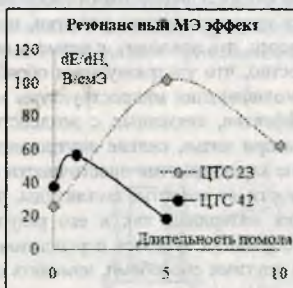


Рис. 4. Резонансный МЭ эффект

1. Д.Н. Астров / Магнитоэлектрический эффект в окиси хрома // ЖЭТФ. - 1961. - Т. 40. - С. 1035-1041.
2. G. Srinivasan, V.M. Laletsin, R. Hayes, N. Puddubnaya, E.T. Rasmussena, D.J. Fekel /Giant magnetolectric effects in layered composites of nickel zinc ferrite and lead zirconate titanate // Solid State Communications 124 (2002) 373-378
3. D.A. Filippov, M.I. Bichurin, V.M. Petrov, V.M. Laletin, N.N. Poddubnaya, and G.Srinivasan / Giant Magnetolectric Effect in Composite Materials in the Region of Electromechanical Resonance// Technical Physics Letters, Vol. 30, No. 1, 2004, pp. 6-8
4. В.М. Лалетин, Н.Н. Поддубная /Магнитоэлектрические свойства композиционных слоистых металл - пьезоэлектрических структур// Сб. тр. V межд. науч. – пр. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», 28-30 мая 2008 г., Санкт-Петербург, Россия, Том. 12 С. 258-259.
5. Н.Н. Поддубная, В.М. Лалетин /Магнитоэлектрические свойства металл – пьезоэлектрических слоистых структур// Материалы докладов ХLI науч.-технич. конф. преподавателей и студентов ВГУ, Витебск 2008 г., С. 68-70
6. Н.Н. Поддубная, В.М. Лалетин /Электрический отклик в слоистых металл – пьезоэлектрических структурах// Материалы докладов респ. науч.-пр. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ш Машеровские чтения», 24 – 25 марта 2009 г., ВГУ, Витебск, С. 258-260.

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ПОДВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЗОНУ ОБРАБОТКИ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ И НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рубаник В. В.¹, Царенко Ю. В.¹, Лобанов В. Ю.¹, Назарова А. А.², Мулюков Р. Р.²
Назаров А. А.²

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Беларусь,

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

labpt@vitebsk.by

В последнее время большое внимание уделяется изучению физического и механического поведения ультрамелкозернистых и нанокристаллических материалов в связи с повышенными значениями их физических, химических, прочностных, усталостных и других свойств [1-3]. Эти материалы, получаемые деформационными методами, об-

ладают высокими прочностными свойствами, однако для них характерны значительные искажения кристаллической решетки, источниками которых являются неравновесные границы зерен, что приводит к резкому снижению пластических свойств.

Известно, что ультразвуковая обработка является одним из высокоэффективных методов модификации микроструктуры материалов [4,5]. Установлен весьма широкий спектр эффектов, связанных с воздействием ультразвука на материалы: улучшение структуры при литье, снятие внутренних напряжений в деформированных металлах, повышение характеристик пластичности (акустопластический эффект) и др. При этом, в зависимости от частоты, амплитуды, локальности воздействия, можно достичь как упрочнения материала, так и его разупрочнения, пластификации. Поэтому ультразвуковая обработка является перспективным методом обработки, позволяющим, в сочетании с другими способами, изменять свойства материалов в весьма широких пределах.

Эффективность воздействия ультразвука при обработке металла в значительной степени зависит от выбора схемы подвода ультразвуковых колебаний к очагу деформации. Основной фактор, определяющий эффект высокоэнергетического воздействия — это ультразвуковое поле в объеме образца, которое создается с помощью ультразвуковых колебательных систем, включающих преобразователь, согласующий элемент и излучатель. Пассивный согласующий элемент системы осуществляет трансформацию скоростей и вида колебаний, а также согласование сопротивления внешней нагрузке и внутреннего сопротивления активного элемента. Пассивный элемент заканчивается излучателем, создающим ультразвуковое поле в обрабатываемом материале.

На основе анализа зависимости свойств металлов и сплавов от размера структурных составляющих показана высокая эффективность применения деформационных методов формирования ультрамелкозернистой структуры для значительной модификации свойств материалов. Установлено, что при использовании специальных схем деформации переход материала в ультрамелкозернистое состояние сопровождается существенным повышением прочностных при сохранении пластических свойств материала.

Ранее нами было показано, что применение схемы ультразвуковой обработки, в которой колебания накладываются в направлении, перпендикулярном направлению протягивания материала, позволяет значительно снизить усилие деформации и увеличить степень обжата за переход.

Схема, позволяющая реализовать ультразвуковую обработку наноматериалов, представлена на рис. 1. Работа данного устройства осуществляется следующим образом. Обрабатываемый образец 4 помещают между торцевыми поверхностями волноводов 3, для чего один из преобразователей, например, верхний, выполнен подвижным относительно другого и поджим осуществляется пружиной. Под действием ультразвуковых колебаний от двух преобразователей, а также дополнительного статического нагружения образца происходит ультразвуковая обработка. Между торцами волноводов устанавливается регулируемый зазор, который равен толщине обрабатываемого образца из наноматериала. Величина статического поджатия образцов к торцу волноводной системы определялась экспериментально [6-8].

В случае, когда не требуется подведение к зоне обработки материала значительной акустической мощности, может быть использовано ультразвуковое устройство с одним преобразователем (рис. 2).

Проведены экспериментальные исследования процесса обработки наноструктурных материалов с использованием ультразвуковых генераторов УЗГ2-4М (рабочая частота 18 кГц, преобразователь типа ПМС15А-18) и УЗГ1-1 (рабочая частота 22 кГц, преобразователь типа ПМС1-1). Отработаны режимы ультразвуковой обработки наноструктурных образцов никеля, которые были получены методом кручения под квазигидростатическим давлением (КГД) и равнокапальным угловым прессованием (РКУП).

Образцы, получаемые методом КГД, характеризуются наиболее мелким зерном, высокой дефектностью структуры, а метод РКУП является в настоящее время наиболее распространенным для получения наноструктурных материалов промышленного назначения.

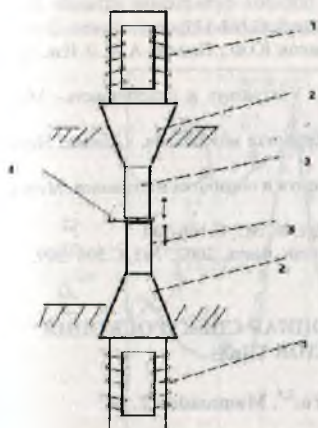


Рис. 1. Схема устройства для ультразвуковой обработки наноматериалов: 1 – магнитострикционный преобразователь, 2 – концентратор, 3 – волновод, 4 – обрабатываемый образец

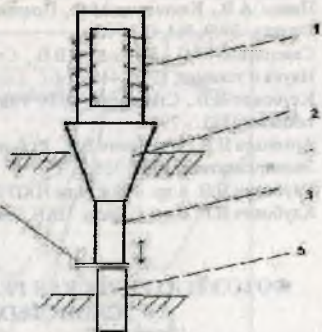


Рис. 2. Схема устройства для ультразвуковой обработки наноматериалов: 1 – магнитострикционный преобразователь, 2 – концентратор, 3 – волновод, 4 – обрабатываемый образец, 5 – полуволновой отражатель продольных колебаний.

Проведенные предварительные исследования показали принципиальную возможность модификации микроструктуры и свойств наноматериалов ультразвуком. Показано, что в результате ультразвуковой обработки наноструктура материала становится более равновесной, внутренние объемы зерен освобождаются от дислокаций, а границы зерен становятся ровными и приобретают полосовой контраст, характерный для равновесных границ зерен. Данные рентгеноструктурного анализа показывают, что ультразвук способствует снятию внутренних напряжений в никеле, причем, чем больше амплитуда воздействия, тем больше этот эффект. При определенных амплитудах знакопеременных напряжений наблюдается повышение термостабильности образцов объемно наноструктурированного никеля. Из предварительных результатов следует, что, проведя более полное исследование и определив оптимальные режимы ультразвуковой обработки, можно достичь значительной модификации структуры и свойств наноматериалов.

Данные рентгеноструктурного анализа показывают, что ультразвук способствует снятию внутренних напряжений в никеле, причем, чем больше амплитуда воздействия, тем больше этот эффект.

Заключение

Разработаны устройства для подведения ультразвуковых колебаний в зону обработки ультрамелкозернистых и наноструктурных материалов. Показано, что эффективность воздействия ультразвука при обработке металла в значительной степени зависит от выбора схемы подвода ультразвуковых колебаний к очагу деформации. Отрабо-

ганы предварительные режимы ультразвуковой обработки наноструктурных образцов никеля, полученных методом кручения под квазигидростатическим давлением.

Список литературы

1. Смирнова Н.А., Левит В.И., Пилюгин В.И., Кузнецов Р.И., Давыдова Л.С., Сазонова В.А. // ФММ. 1986. Т.61. Вып. 6. С.1170-1177.
2. Валиев Р.З., Исламгалиев Р.К. // ФММ. 1998. Т.85. Вып.3. С.161-177.
3. Панин А.В., Казаченок М.С., Почивалов Ю.И., Иванов Ю.Ф., Панина А.А. // Изв. вузов. Физика, 2009, №1. С.74-82.
4. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Ультразвук и пластичность.- Минск: Наука и техника, 1976. 446 с..
5. Клубович В.В., Степаненко А.В. Ультразвуковая обработка материалов. - Минск: Наука и техника, 1981. - 295 с.
6. Артемьев В.В., Клубович В.В., Рубаник В.В. Ультразвук и обработка материалов. Минск, Экоперспектива, 2003, 335с.
7. Клубович В.В. и др. // Доклады НАН Беларуси, 2002, т.46, №5, С.106-109.
8. Клубович В.В. и др. // Весті НАН Беларусі сер. фіз-тэхн. навук, 2002, №3, С.506 -509.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РЕЛАКСАЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛОВ $TlIn_2$

Одринский А. П.¹ Seyidov MirHasan Yu.^{2,3}, Mammadov T. G.³

¹ *Институт Технической Акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь*
odra@mail333.com

² *Department of Physics, Gebze Institute of Technology, 41400, Gebze, Kocaeli, Turkey*

³ *Institute of Physics Azerbaijan National Academy of Sciences, AZ-1143 Baku, Azerbaijan*

Исследование дефектов кристаллической структуры слоистых сегнетоэлектриков – полупроводников представляют значительный интерес как с точки зрения прикладного использования данных материалов, так и с точки зрения теории фазовых переходов, связывающей изменение физических свойств кристалла, включая механические, с электрической активностью дефектов [1]. Применение развивавшихся в рамках полупроводникового материаловедения методов исследований на данных объектах сталкивается с проблемой неконтролируемой электрической активности внутренних полей, обусловленных доменной структурой кристалла. В этих условиях эффективно применение фотоэлектрической релаксационной спектроскопии (PICTS [2]) – разновидности нестационарной спектроскопии, использующей световое возбуждение полупроводника. В настоящей работе впервые представлены результаты исследований данным методом дефектов монокристаллов $TlIn_2$, легированных эрбием, тербием и бором.

Монокристаллы $TlIn_2$ растили методом Бриджмена—Стокбаргера. Синтез проводили в предварительно откачанной (10^{-5} Торг) запаянной кварцевой ампуле из стехиометрической смеси навесок исходных компонентов. Легирование проводилось добавкой соответствующей навески Er, В или Tb в ампулу с предварительно синтезированным $TlIn_2$. Выращенные кристаллы имели p - тип проводимости с концентрацией носителей заряда $\sim 10^{13}$ см⁻³ при 300 К. Омические контакты формировались пайкой индием на торцевых поверхностях образца. Измерительная установка и методика измерений описаны в [3]. Световое возбуждение проводили перпендикулярно поверхности кристалла - плоскости скола, и выбирали из условия получения максимального фотоотклика ($h\nu = 2,20-2,35$ эВ). При регистрации релаксации фототока проводилось поточечное накопление и усреднение кинетики сигнала (60 реализаций), содержащей 2000 отсчетов, расположенных через фиксированный интервал времени $\Delta t = 5 \cdot 10^{-5}$ с. Регистра-