

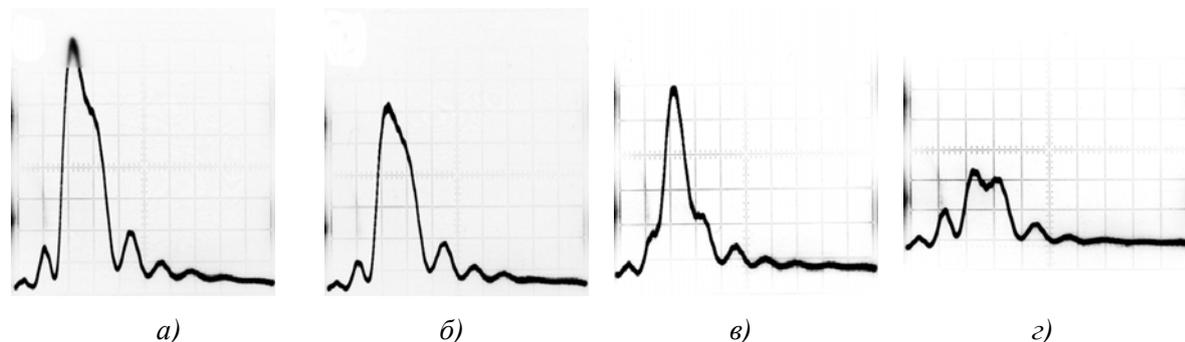
# АКУСТОМИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ КАК СОВОКУПНОСТЬ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Кустов А. И.<sup>1</sup>, Мигель И. А.

<sup>1)</sup> Воронежский государственный педагогический университет, Россия  
Военный авиационный инженерный университет, г. Воронеж, Россия  
[akvor@yandex.ru](mailto:akvor@yandex.ru)

Задача оценки прочности материалов всегда актуальна. Получаемая о прочностных свойствах информация более объективна и достоверна при использовании комплексных исследований, включающих анализ и структуры и свойств на различных масштабных уровнях. В настоящее время для оценки физико-механических свойств материалов всё более широко используются методы акустомикроскопической дефектоскопии (АМД) [1,2], представляющие совокупность исследовательских методов.

Известно, что методы АМД позволяют рассчитывать значения скорости поверхностных акустических волн (ПАВ) в твердотельных материалах [3]. Этот физический параметр тесно связан с величинами, характеризующими внешние воздействия на материал, а также с такими важными характеристиками объектов исследования как упругие модули, коэффициент поглощения акустических волн, степень анизотропности структуры и проч. [4]. На рис.1 представлена серия  $V(Z)$ -кривых, которая демонстрирует, что разработанная методика позволяет выявлять микротрещины шириной даже менее разрешающей способности прибора (САМ). В нашем случае этот параметр составлял 0,3 мкм. Как видно из рисунка, изменение высоты главного максимума может достигать 50–70%.



**Рис. 1.** Трансформация  $V(Z)$ -кривой в районе микротрещины в Ge  $\langle 111 \rangle$  ( $v_R = 2,87 \cdot 10^3$  м/с,  $\Delta Z_N = 13,25$  мкм,  $(\Delta V/V^0)_{\max} = 68\%$ , масштаб по вертикали 1 дел.= 0,25 В, по горизонтали – 1 дел.=11 мкм; расстояние от центра а) 40 мкм, б) 20 мкм, в) 10 мкм, з) 0 мкм).

Прежде чем образуются микротрещины, изменяющие состояние материала идвигающие его к предельному, возникает предстоящее состояние, которое ещё обратимо. Его выявление проводилось по величине дисперсии значений  $v_R$  и  $\Delta V/V^0\%$  акустических волн. Пример дисперсии скорости ПАВ в стали приведён на рис.2. Повышенные величины дисперсии приближает материал к предельному состоянию (ПС).

Важным параметром ПС являются экстремальные значения. Для их нахождения используют информационные технологии. Пример влияния числа циклов нагрузки на величину размера зерна приведён на рис.3. Для нахождения числа циклов, при котором размер зерна максимален, применяли функцию “Поиск решения”. Последовательность шагов оптимизации представлена на рис.4. Этот рисунок демонстрирует, что изменение размера зерна может достигать 45–65%, при этом интервал числа циклов воздействия составляет  $\sim 4 - 5$  тысяч. Эта информация дублируется в окне “Отчёта по результатам” (рис.5).

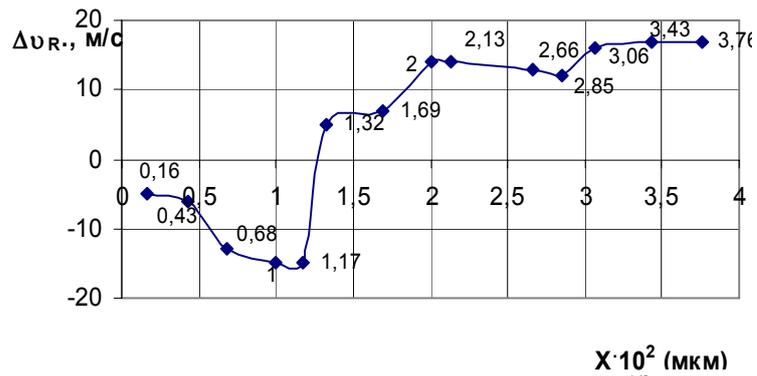


Рис. 2. Дисперсия  $v_R$  в стали 18ХГТ с  $(d_3)^{-1/2} \sim 7$

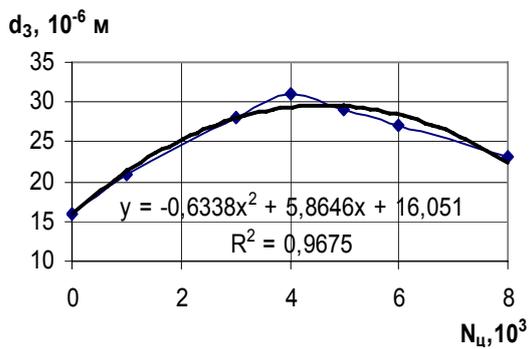


Рис. 3. Экспериментальное измерение среднего размера зерна стали 16ГС в зависимости от числа ( $N_y$ ) циклов нагрузки

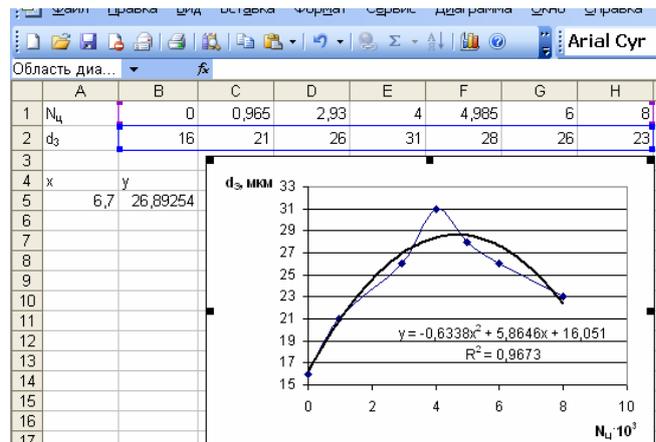
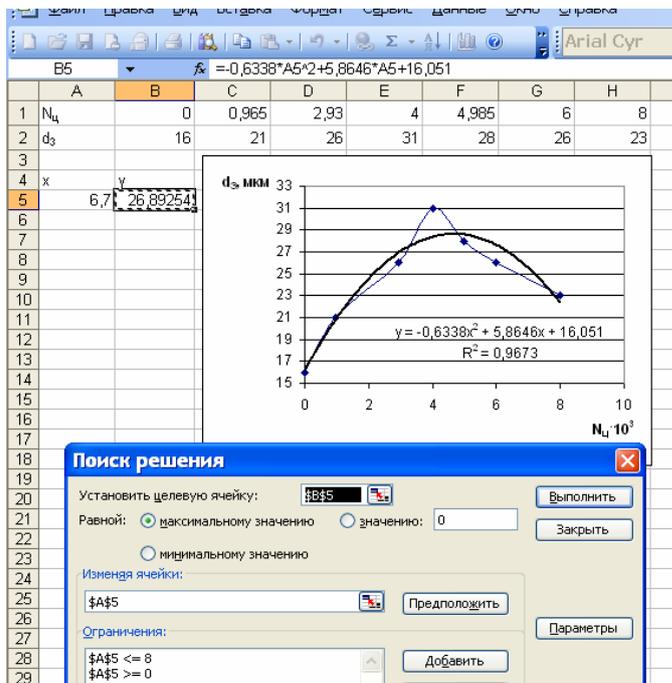
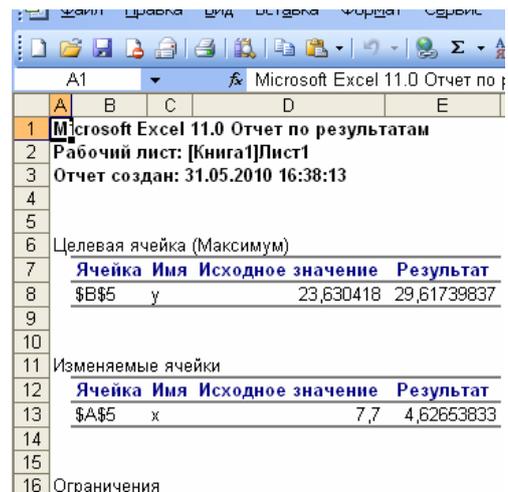


Рис. 4. Поиск максимального размера зерна стали в зависимости от числа ( $N_y$ ) циклов нагрузки



а



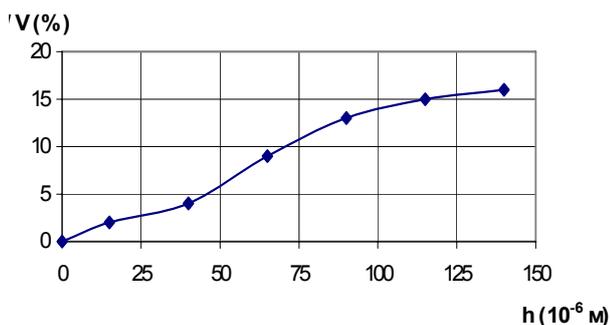
б

Рис. 5. Расчёт экстремального значения числа циклов, при котором  $d_3$  максимален

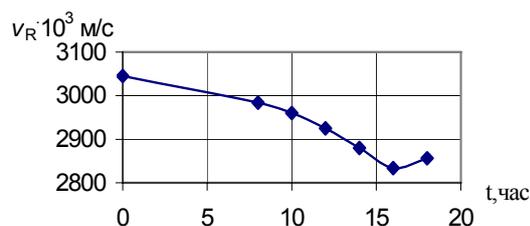
Оценив по акустическому изображению размер зерна, можно определить критическое значение предела прочности  $\sigma_{0,2}$ . Полученные тренды экспериментальных зависимостей величин позволяют находить экстремальные значения параметров воздействия на образец.

Методы АМД позволяют оценить как толщину приповерхностных слоёв, получаемых при внешних воздействиях (рис.6), а также рассчитать влияние диффузионных процессов (рис.7) на структуру материалов (в том числе от времени).

Таким образом, диагностика и контроль свойств материалов с использованием методов акустомикроскопической дефектоскопии позволяет существенно повысить эффективность выявления и характеристики предельных состояний материалов. Безусловно, исследования в этой области необходимо продолжить.



**Рис. 6.** Зависимость затухания акустических волн ( $\Delta V/V\%$ ) в стали 40ХН от глубины зондирования ( $h$ ).



**Рис. 7.** Зависимость скорости ПАВ в стали 30ХГТ от времени цементации

## Список литературы

1. Kustov A.I., Migel I.A. Investigation of physicomaterial characteristics of glasses by acoustic waves// Glass Physics and Chemistry, 1996, v.22, N 3., p.245-247
2. Wilson R.G., Weglein R.D. // Appl. Phys. 1994. V. 55. N 9. P. 3261 —3275.
3. Kustov A.I //Proceedings of VIII Inter. Conf. “Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials”, Science Series, II. Physics and Chemistry, ed. Dm.Schur, vol. 72. 2004. p.203-215
4. Kustov A.I., Migel I.A. // Materials of the V International scientific conference “Strength and fracture of materials and constructions”, Orenburg, 2008, vol.1, p.p.200-206.
5. Кустов А.И., Мигель И.А.. // Материаловедение, №2 (155), 2010, с.9 – 14.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТРЕХСЛОЙНЫХ МИКРОПОЛЯРНЫХ УПРУГИХ ПЛАСТИН

**Саркисян С. О., Фарманян А. Ж.**

*Гюмрийский государственный педагогический институт им. М. Налбандяна,  
Гюмри, Армения, [afarmanyan@yahoo.com](mailto:afarmanyan@yahoo.com)*

В работе с использованием качественных результатов асимптотического метода интегрирования граничной задачи микрополярной упругой слоистой среды, формулируются гипотезы, на основе которых в зависимости от значений безразмерных физических параметров построены прикладные теории микрополярных трехслойных симметрично собранных пластин с независимыми полями перемещений и вращений; со стесненным вращением; «с малой сдвиговой жесткостью».