

Фиг. 2. Схема формирования профиля сигнала в условиях сильного испарения. 1 — импульс термооптической генерации звука; 2 — импульс испарительной генерации звука

в сигнал заключается в некотором смещении профиля вверх относительно средней линии (фиг. 1, *а*). На фиг. 2 пояснена схема формирования профиля сигнала в этих условиях. Схема приводит в соответствие профиль фиг. 1, *а* с требованием равенства нулю импульса во всем сигнале. Обнаружено, что в диапазоне интенсивностей ($2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^7$) Вт·см⁻² зависимость амплитуды давления $P(I)$ пропорциональна I^n , где n зависит от диаметра пятна. Так, например, при $d=2,5$ мм имеем $n=1$; при $d=1,5$ мм — $n=1,5$; при $d=1$ мм — $n=3,5$. При интенсивности $I > 2 \cdot 10^7$ Вт·см⁻² состояние приповерхностного слоя становится неустойчивым, при этом исчезает свободная граница, играющая важную роль в формировании привычного профиля термооптического сигнала, что приводит к его искажению (фиг. 1, *з*). Не исключено, что разрушение неустойчивого состояния инициируется значительным разрежением при разгрузке в объеме поглощающего слоя. Напомним, что аналогичное явление наблюдается при отражении ударной волны от поверхности [4]. Взрывное вскипание слоя приводит к цугу звуковых импульсов, замыкающему сигнал, оно неэффективно с точки зрения звукообразования. Сходная осциллограмма приведена в работе [3] без пояснения.

Полученные результаты дают основания пересмотреть представления о соотношении вкладов термооптического и испарительного механизмов в генерацию звука, по крайней мере, в осевом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лямшев Л. М., Седов Л. В. Оптическая генерация звука в жидкости. Тепловой механизм. (Обзор). — Акуст. журн. 1981, т. 27, № 5, с. 5–21.
2. Sigrist M., Kneubuhl F. Laser generated stress waves in liquids. — J. Acoust. Soc. Amer., 1978, v. 64, N 6, p. 1652–1663.
3. Emmony D., Geerken T., Klein-Baltink T. Laser-generated high-frequency sound waves in water. — J. Acoust. Soc. Amer., 1983, v. 73, p. 220–224.
4. Кедринский В. К. О двухфазной модели развития зоны кавитации при отражении ударной волны подводного взрыва от свободной поверхности жидкости. — VI Междунар. симпоз. по нелинейн. акустике, М. 1975. Тез. докл. Моск. ун-т, с. 299–302.

Акустический институт им. Н. Н. Андреева
Академия наук СССР

Поступило в редакцию
29.XI.1984

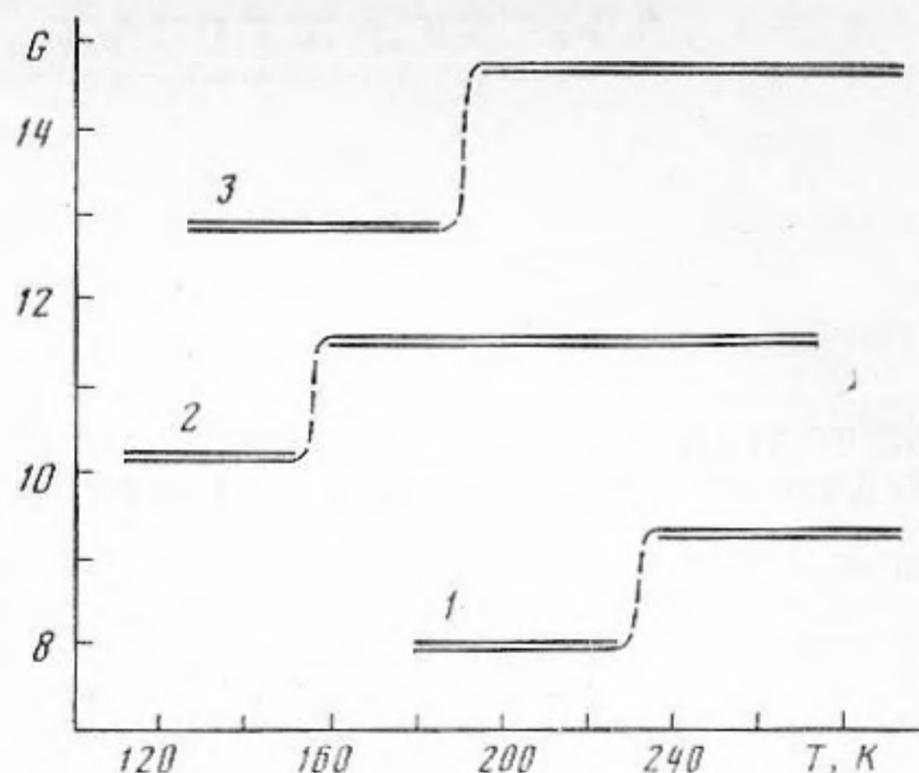
УДК 539.213+534.23

АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ЗВУКА В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛАХ В ОБЛАСТИ ИХ ПЕРЕХОДА ИЗ ПЛАСТИЧЕСКОГО В ХРУПКОЕ СОСТОЯНИЕ

Недбай А. И., Смирнов А. М., Ходжахонов И. Т.,
Шутилов В. А.

В настоящей работе за счет повышенной точности измерений температурного коэффициента скорости звука (ТКС) впервые обнаружено ступенчатое изменение ТКС в поликристаллических металлах в области температур их перехода из пластического в хрупкое состояние.

Измерения производились ультразвуковым (УЗ) импульсно-фазовым методом с двумя задержанными импульсами. Использование для наблюдения интерференции УЗ импульса, прошедшего максимальное расстояние в исследуемом образце (3–7-го эхоимпульса), позволило повысить чувствительность метода до $\sim 3 \cdot 10^{-6}$. Образцы металлов цилиндрической формы диаметром 11 мм и длиной 15–17 мм обрабатывались с плоскопараллельностью торцов не хуже 1 мкм. В качестве пьезопреобразователей использовались пластинки X- и АС-срезов кварца. Охлаждение образцов



Зависимость температурного коэффициента скорости продольных ультразвуковых волн с частотой 20 МГц от температуры: 1 — ферритная сталь марки 09Г2; 2 — титановый сплав; 3 — алюминиево-магниевый сплав АМГ-61; $G = \frac{1}{c_0} \frac{dc}{dT} \times 10^5$, град⁻¹

производилось в специальной температурной камере с помощью малогабаритного охладителя МО-8Г, работающего по циклу Стирлинга, при точности термостатирования $\sim 0,1^\circ \text{C}$. Измерения скорости звука и ТКС проводились на продольных и сдвиговых УЗ волнах в диапазоне частот 10÷30 МГц для ряда сталей, а также титанового и алюминиево-магниевого сплавов.

В качестве иллюстрации на фигуре приведены результаты измерений температурной зависимости скорости продольных УЗ волн в образцах стали марки 09Г2 (1), титанового сплава (2) и алюминиево-магниевого сплава АМГ-61 (3).

Величина скачка ТКС, определяемая из этих графиков, составляет около 10÷15%, что намного превышает ошибки измерений и позволяет находить критическую температуру излома температурной зависимости скорости звука с точностью до 2÷3° С.

Возможная физическая интерпретация наблюдаемого явления может быть основана на результатах расчетов эффективных модулей упругости для упруго-неоднородных сред, выполненных в работе [1] применительно к линейным акустическим свойствам стекол, и в более общем виде в работе [2]. В этих работах показано, что при наличии мелкомасштабных неоднородностей упругости (пространственных флуктуаций локальных модулей), имеющих место и в поликристаллических металлах, эффективный модуль упругости среды E , определяющий скорость распространения в ней УЗ волн $c \sim \sqrt{E}$, выражается формулами вида $E = E_0 - \langle \Delta^2 \rangle$, т. е. некоторым средним значением E_0 , из которого вычитается величина $\langle \Delta^2 \rangle$, пропорциональная среднему квадрату амплитуды пространственных флуктуаций упругости. Аналогичными выражениями описываются и эффективные нелинейные модули упругонеоднородной среды [2]. Если в результате структурных перестроек, происходящих в зернах поликристаллического металла при низких температурах [3], изменяются микронапряжения в межфазной среде, то это должно приводить к изменению эффективного модуля третьего порядка, т. е. к изменению температурной зависимости скорости звука, что и наблюдается на опыте.

Заметим, что скачкообразное изменение ТКС с точки зрения изложенных позиций является довольно общим явлением, относящимся к тем случаям, когда структурные перестройки в отдельных участках твердого тела сопровождаются изменением локальных напряжений в прилегающих к ним средах, что может иметь место, например, в ситаллах, ликвирующих стеклах, а также в монокристаллах при возникновении структурных переходов вблизи дефектов решетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В. П., Кульбицкая М. Н., Шугилов В. А. Об аномалии температурной зависимости скорости звука в стеклах. — Акуст. журн., 1973, т. 19, № 4, с. 628–630.
2. Чарная Е. В., Шугилов В. А. Распространение акустических волн конечной амплитуды в твердой среде с мелкомасштабными пространственными неоднородностями. — Акуст. журн., 1984, т. 30, № 3, с. 520–525.
3. Финкель В. М. Физика разрушений. М.: Металлургия, 1970, с. 376.

Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова

Поступило в редакцию 5.X.1984