

А. А. Закиров (Москва, МГГУ). **Оценка нарушенности внутренней структуры облицовочных плит методом лазерно-ультразвуковой спектроскопии.**

В работе, представленной данным сообщением, предлагается новый метод оценки нарушенности внутренней структуры геоматериалов с использованием лазерно-ультразвуковой спектроскопии.

При падении лазерного излучения на поверхность сильнопоглощающей среды, которая называется *генераторной*, происходит локальный нагрев ее поверхностного слоя. Последующее расширение этого слоя вызывает генерацию импульса упругой волны. Параметры этого импульса строго определены [1].

Если генераторная среда находится в контакте с одной стороны с оптически прозрачной средой с тем же значением акустического импеданса $\rho_0 C_0$, а с другой — с исследуемым образцом геоматериала, то возбуждаются два импульса, первый из которых распространяется назад в оптически прозрачную среду, а второй — в исследуемый образец. Амплитуды и временные профили каждого из этих импульсов определяются длительностью лазерного импульса, коэффициентом поглощения, а также соотношением $N = \rho_0 C_0 / \rho_1 C_1$ акустических импедансов $\rho_0 C_0$ генераторной и $\rho_1 C_1$ исследуемой сред. Так, временные профили этих импульсов для широкого гауссова оптического пучка задаются выражениями:

$$p_1(\tau_1) = \frac{1-N}{1+N} p_0(\tau_1), \quad p_2(\tau_2) = \frac{2}{1+N} p_0(\tau_2),$$

$$p_0(\tau_{1,2} = t \pm z/C_0) = \frac{\beta I_0 C_0}{2\pi C_p} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp\{-\omega^2 \tau_0^2/4 - i\omega \tau_{1,2}\} d\omega}{\sqrt{1 + \omega^2 (\alpha \tau_0)^{-2}}},$$

где $p_{1,2}$ — приращения давления, индекс 1 и знак «+» соответствуют волне, бегущей в обратном направлении в оптически прозрачную среду, индекс 2 и знак «-» — волне, распространяющейся в исследуемый образец.

Так как в спектре данного однополярного импульса сжатия присутствуют низкие частоты, то при распространении в прозрачной среде он испытывает сильное дифракционное искажение, приводящее к появлению фазы разрежения. Временной профиль такого импульса описывается выражением

$$p_1(\tau_1 = t \pm z/C_0) = \frac{\beta I_0 C_0}{2\pi C_p} \frac{1-N}{1+N} \int_{-\infty}^{\infty} S_0(\omega) e^{-i\omega \tau_1} d\omega,$$

в котором

$$S_0(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega \exp\{-\omega^2 \tau_0^2/4\} d\omega}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_d)^2} \sqrt{1 + \omega^2 (\alpha \tau_0)^{-2}}}, \quad (1)$$

где $\omega_d = 2C_0 l/a^2$ есть характерная частота дифракции, l — длина звукопровода, a — ширина оптического пучка. Распространяющийся в геоматериале импульс претерпевает рассеяние на неоднородностях. Характеристики рассеянной части сигнала, называемой *структурным шумом*, несут информацию о нарушенности исследуемого образца и наличии дефектов в нем. Спектр зарегистрированного сигнала имеет гладкую часть, которая описывается выражением (1), и осциллирующую («шумовую») составляющую: $S(\omega) = S_0(\omega) + S_1(\omega)$, где $S_0(\omega)$ — спектр гладкой части, $S_1(\omega)$ — спектр осциллирующей составляющей. Поскольку $S_0(\omega)$ известен, можно рассчитать $S_1(\omega)$: $S_1(\omega) = S(\omega) - S_0(\omega)$, и с его помощью оценить относительную мощность K структурного шума, характеризующую степень нарушенности внутренней структуры образца: $K = \int_{-\infty}^{\infty} |S_1(\omega)|^2 d\omega / \int_{-\infty}^{\infty} |S_0(\omega)|^2 d\omega$.

Экспериментальные исследования были проведены для облицовочной мраморной плитки, подвергшейся механическому воздействию. Измерения показали, что значение параметра K для поверхностного слоя толщиной 5 мм в 1,8 раза больше значения K для следующего слоя такой же толщины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карabutov A. A., Макаров В. А., Черепецкая Е. Б., Шкуратник В. Л.* Лазерно-ультразвуковая спектроскопия горных пород. М.: Горная книга, 2008, 198 с.