

УДК 620.179.16

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СЦЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Н. В. ЛЕВКОВИЧ<sup>1</sup>, А. Р. БАЕВ<sup>2</sup>, М. В. АСАДЧАЯ<sup>2</sup>, О. С. СЕРГЕЕВА<sup>3</sup><sup>1</sup>Белорусский государственный университет<sup>2</sup>Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Работа направлена на повышение эффективности ультразвукового контроля неразъемных соединений, выполненных сваркой, пайкой и другими способами, что достигается выбором условий ввода-приема упругих волн (УВ), рассеянных при пересечении пятном акустического луча границы бездефектной  $S_B$  и дефектной  $S_D$  поверхностей. При этом углы ввода и приема УВ выбирают таким образом, чтобы обеспечить максимальный фазовый сдвиг  $\phi$  между рассеянными дефектной  $S_D$  и бездефектной  $S_B$  поверхности волнами. На первом этапе исследований в рамках классических представлений проведен расчет полей рассеяния УВ при перемещении пятна акустического луча через границу полубесконечного дефекта (рис.1) и при наличии фазового сдвига между рассеянными волнами, варьируемого в диапазоне  $|\phi| = \pi/4 - \pi$ .

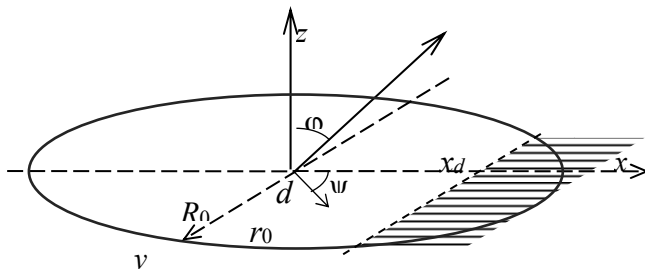


Рис. 1. К расчету поля рассеяния от граничной поверхности сцепления материалов с дефектом в виде круглого пятна и бесконечной полуплоскости

Согласно данной постановке задачи, результирующее поле рассеяния УВ представлено в виде суперпозиции полей трех мнимых источников, каждое из которых описывается интегральным выражением

$$A = A_0 + A_{D1} + A_{D2} = A_{00}[S_0 K_{R0} F_0(\psi, \phi, \dots) + A_{00} S_{D1} K_D F_D(\psi, \phi, \phi, \dots) - A_{00} S_D K_D F_{01}(\psi, \phi, \dots)],$$

где  $A_{00}$  – амплитуда падающего на границу сред акустического пучка (АП),  $A_0$  – поле рассеяния в дальней зоне при падении луча УЗК на поверхность  $S \subset S_0$ ,  $A_{D1}$  и  $A_{D2}$  – поля рассеяния УЗК от дефектной поверхности  $S_D$ ,  $F_0$ ,  $F_{01}$ ,  $F_D$  – нормализованные интегральные функции,  $F_{01} \equiv F_0$  для области интегрирования  $S \subset S_D$ .

Приведенные на рис. 2 и 3 данные по эволюции полей рассеяния убедительно свидетельствуют о новых возможностях повышения чувствительности измерений. Это достигается за счет выбора именно пары угловых параметров  $\phi^*$  и  $\psi^*$ , при которых изменение относительной амплитуды рас-

сеянного сигнала  $\Delta A^* = (A - A_0)/A_0$  при перемещении пятна лазерного луча может достигать десятков децибел, где  $A_0$  – опорный сигнал, лежащий в окрестности экстремумов первого порядка, что следует из данных на рис. 2 и 3. Интересно, что зависимости  $\Delta A^*(\psi)$  при заданных  $\phi^*$  представляют осцилляционные кривые, период которых при  $\phi = \pm\pi$  не зависит от величины фазового сдвига. Однако, если  $\phi \neq \pm\pi$ , а в качестве опорного сигнала использовать первый боковой максимум диаграммы направленности (ДН), то характер осцилляции функции  $\Delta A^*(\psi)$  и ее период изменятся.

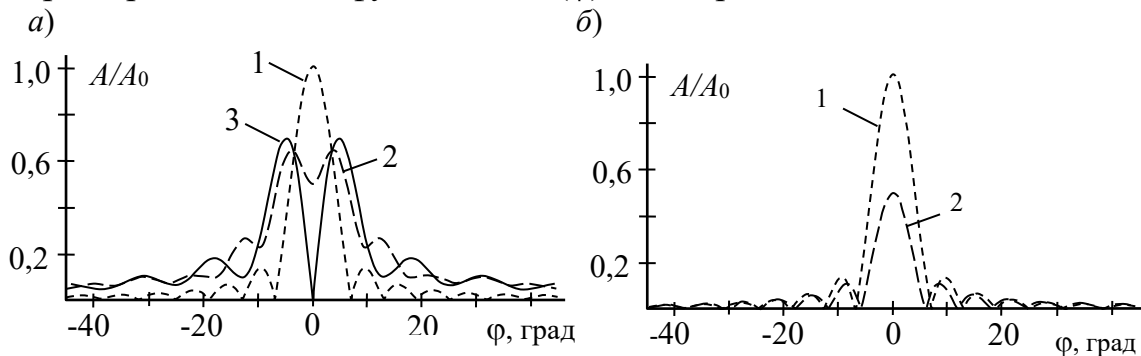


Рис. 2. Изменение поля рассеяния УВ в плоскости сечения ДН, характеризующейся экваториальным углом  $\psi$ , от положения границы полубесконечного дефекта  $x_0 = d$  при фазовом сдвиге  $\phi = \pi$ :  $\psi = 0$  (а),  $90$  (б);  $x_d = x_0/d = 1$  (1),  $0,4$  (2),  $0$  (3)

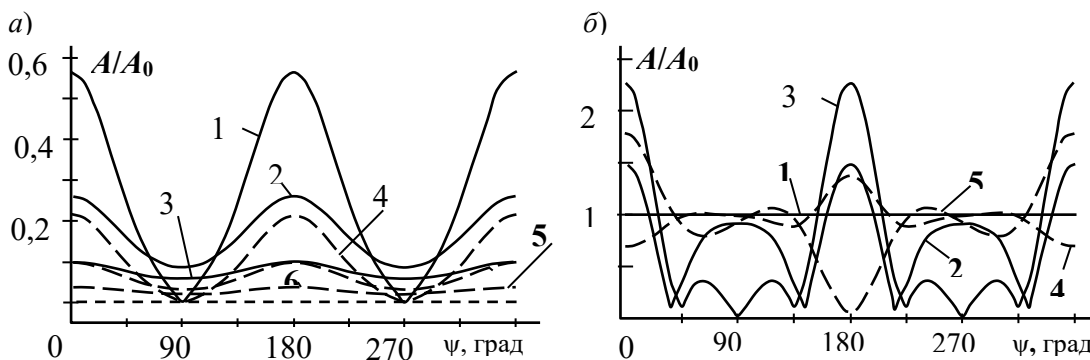


Рис. 3. Амплитуда минимума (а) и максимума (б) первого порядка поля рассеяния УВ от положения границы полубесконечного дефекта относительно центра пятна акустического луча: фазовый сдвиг  $\phi$ , рад =  $\pi$  (1–3);  $\theta = \pi/4$  (4–6);  $x_a = x/a = 0$  (1, 3);  $0,6$  (2, 4);  $0,8$  (3, 6); б –  $\phi = \pi$  (1–3);  $\theta = \pi/4$  (1, 4, 5);  $x_a = x/a = 1$  (1);  $0,5$  (2, 4);  $0$  (3, 5)

Результаты экспериментальных исследований, выполненных применительно к рассеянию поверхностных волн от дискретной границы сцепления стали с образцом дюралюминия длиной 35 мм и при  $\phi \approx \pi/2$ , показали, что величина  $\Delta A^*$  может достигать до 35...40 дБ, а это согласуется с расчетами.

Необходимо отметить перспективность использования предлагаемого метода для контроля качества сцепления полимерных и порошковых покрытий на стальных объектах, паяных баббитовых покрытий на латунном, чугуном основании подшипников скольжения, а также обнаружения подповерхностных дефектов в объектах с грубо обработанной поверхностью и высоким затуханием звука (например, в чугунах).