

УДК 620.179
СОЗДАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТАКТА ПРИ ВВОДЕ-ПРИЕМЕ
СДВИГОВЫХ ВОЛН

А.Р. БАЕВ, О.С. СЕРГЕЕВА, В.В. ПАРАДИНЕЦ, Н.Н. ГИЛЬ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Один из путей повышения чувствительности и надежности акустических методов контроля и измерений связан с использованием горизонтально поляризованных сдвиговых или поперечных волн (НТВ), вводимых в объект под углами $\alpha=0-\pi/2$ как для выявления дефектов со слабой отражающей способностью, так и определения физико-механических характеристик поверхностного слоя материалов. Одна из проблем реализации методик на основе НТВ связана с необходимостью создания высококачественного акустического контакта за минимально возможное время τ . Уравнение, описывающее функцию прохождения акустического сигнала при работе наклонного пьезопреобразователя (ПЭП) в совмещенном режиме, может быть представлена в виде:

$$\Xi = \Xi_0 \Xi_1 = P_0 D^* \exp[-2 \sqrt{\pi \nu \rho / \eta_s} h(\cos \alpha')^{-1}] \Xi_1, \quad (1)$$

где Ξ_1 – отвечает за прохождение сигнала по металлу и обратно до контактного зазора; $D^* = D^*(Z_i, \beta, kh)$ – коэффициент звукопрозрачности границы ПЭП ($i=1$)-контактная жидкость ($i=2$)-металл ($i=3$); Z_i – импедансы контактирующих сред; $k = [\pi \nu \rho / \eta_s]^{-1/2}$ – волновой вектор в КЖ; $\alpha' = \arcsin(C_1/C_2)$; $C_2 = 2(\pi \eta_s \nu / \rho)^{-1/2}$. Увеличение Ξ_0 непосредственно связано с использованием высоковязких реологических сред, что существенно сказывается на производительности контроля. В работе исследованы переходные акусто-гидродинамические процессы при установке ПЭП на исследуемый объект с неньютоновской КЖ, напряжение сдвига в которой является функцией градиента скорости. Если начальная высота расположения ПЭП над плоской поверхностью объекта h_0 , а конечная h_1 , то время перемещения преобразователя из положения h_0 в положение h_1 с нормальной скоростью u равна $\tau = \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{U(h)}$. Для описания движения

реологической среды в тонком щелевом зазоре воспользуемся приближением смазочного слоя, положив квазиустановившимся режим течения жидкости в данный промежуток времени Δt при изменении высоты слоя на величину $\Delta h \ll h$. При этом пренебрегаем квадратичными по скорости движения членами. Для указанного приближения смазочного слоя справедливы неравенства:



$$\left\{ \frac{dU_z}{d\{x, y\}}, \frac{dU_z}{dz} \right\} \ll \frac{dU\{x, y\}}{d\{x, y\}} \Big|_{z < h}; U_z \ll \{U_x, U_y\}, \quad (2)$$

где $\frac{dU_z}{dz}$ и U_z терпят разрыв на границе $z=h$.

Используя реологический закон течения звукопроводной жидкости в контактном зазоре и пренебрегая инерционными силами, получены решения задачи для определения времени установки ПЭП τ на исследуемый объект в случае рассмотрения наиболее простой конфигурации рабочей поверхности (РП) преобразователя – в виде круга, кольца, вытянутой пластины: $\tau \sim FA(n) h_1^{\frac{n+1}{n}}$, где F – фактор формы – максимальный для круга. Показано, что в большинстве практических случаев величина τ определяется конечным положением ПЭП, где h_1 составляет десятки мкм. Так, при $h_0/h_1 > 5$ погрешность в определении h_1 не превышает нескольких процентов. Использование полученных решений позволяет с достаточной для практики степенью точности оценить время переходного процесса τ и для более сложных конфигураций РП.

В работе проанализированы пути снижения времени переходного процесса и показано, что наиболее оптимальный путь заключается в использовании «метода гидродинамического шунтирования» (МГШ), что связано с выполнением проточек на РП. В результате получена система уравнений предназначенная для расчета оптимальных размеров и расположения проточек. При этом представляется возможным на порядок и более снизить время переходного процесса, а также повысить надежность и производительность измерений. Используя (1), получены зависимости амплитуды сигнала сдвиговых волн от толщины щелевого зазора, заполняемого контактной жидкостью при прохождении УЗК в прямом и обратном направлении.

E-mail: baev@iaph.bas-net.by