

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕВЕРБЕРАЦИОННЫХ ПОМЕХ ПРИ КОНТРОЛЕ ЭХО-СКВОЗНЫМ МЕТОДОМ

Д. Д. Добротин, С. К. Паврос, А. С. Паврос

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет

Автоматизированный ультразвуковой контроль горячекатанного листового проката с высокой чувствительностью может осуществляться эхо-сквозным методом, впервые предложенным в ЛЭТИ [1]. В 1998 году на металлургическом комбинате "Азовсталь" введен в промышленную эксплуатацию головной образец новой ультразвуковой системы типа ДУЭТ-АЗС, реализующей эхо-сквозной метод, установленной в транспортном потоке стага "3600" [2]. Принцип эхо-сквозного метода состоит в регистрации (1 и 2) эхо-сигналов, отраженных от внутреннего дефекта, во временном промежутке между первым (I) и вторым (II) прошедшими через контролируемое изделие импульсами (рис. 1). Особенностью этого метода является наличие двух эхо-импульсов от одного дефекта, отраженных от него в сторону излучателя (И) и в сторону приемника (П).

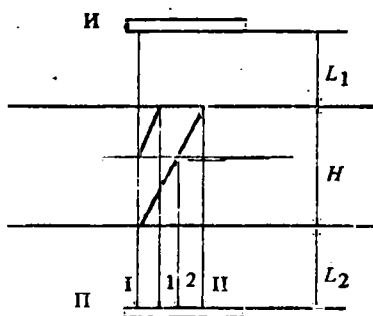


Рис. 1

Принципиальным недостатком как эхо, так и эхо-сквозного метода является наличие реверберационных помех, ограничивающих предельную чувствительность контроля. Влияние реверберационных помех при контроле эхо-методом, среднеквадратичный уровень которых рассчитывается в энергетическом приближении, подробно изложен в [3]. Эта же методика нами использована и при контроле эхо-сквозным методом [4, 5].

Источником указанных помех является возмущенный слой поликристаллической среды протяженностью $c_T/2$, где c_T - скорость распростра-

нения продольных волн в материале изделия, τ - длительность акустического импульса. При иммерсионном контроле изделий этот слой, возникший возле грани, обращенной к излучателю, вначале распространяется в направлении к приемнику, затем отражается от противоположной (донной) грани в сторону излучателя, вновь отражается от первой грани и т. д. (рис. 2).

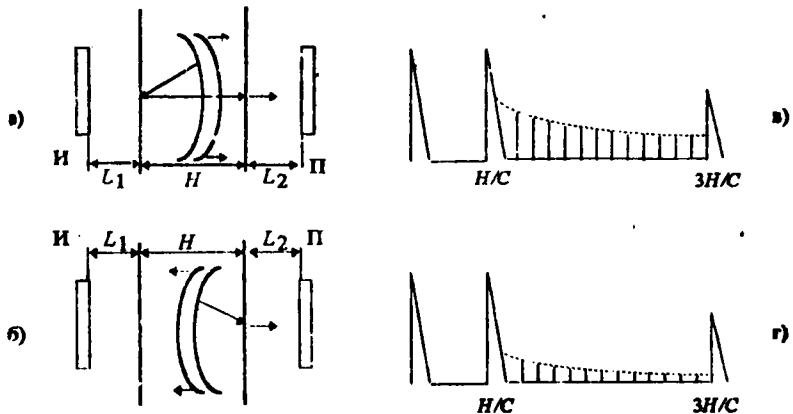


Рис. 2

В процессе распространения слоя от излучателя к приемнику реверберационные помехи создаются волнами, рассеянными в направлении к излучателю (рис. 2. а). Они достигают приемника после отражения от первой грани изделия, пройдя через всю его толщину. При движении слоя от приемника к излучателю помехи создаются волнами, рассеянными непосредственно в сторону приемника. В интересующем нас интервале времени между моментами прихода на приемник первого и второго прошедших через изделие импульсов, результирующий уровень помех будет складываться из обеих составляющих (рис. 2. в, г).

Используя методику [3] расчета каждой составляющей для суммарного уровня помех получено соотношение:

$$\frac{\bar{U}_p}{K_V U_\Gamma} \approx 125 \sqrt{\frac{S_p S_H C_T \Gamma}{4\pi}} D^2 R \left[\frac{e^{-2\delta(H+2x)}}{(nL_1 + x)(H + x + nL_2)} + \frac{e^{-2\delta(3H-2x)}}{(nL_1 + 2H - x)(H - x + nL_2)} \right]$$

где $\bar{U}_p$ - среднее значение амплитуды напряжения реверберационных помех в тракте низкой частоты (после детектора); U_Γ - амплитуда возбуж-

дающего электрического напряжения; K_T - коэффициент двойного электромеханического преобразования; δ_r - коэффициент рассеяния; δ - коэффициент затухания (равный сумме коэффициентов поглощения и рассеяния); S_H - площадь преобразователей; η - коэффициент направленности ($\eta \approx 0.5$ для остронаправленных преобразователей); $n = C_0/C_1$; C_0 - скорость звука в иммерсионной жидкости; D^* - коэффициент прозрачности границы раздела жидкость-металл по энергии; R - коэффициент отражения звука от этой границы по амплитуде; x - координата, отсчитываемая от передней грани изделия.

Как видно из этого выражения, компоненты реверберационных полей различны в зависимости от координаты x , и только при $x = H/2$ они равны.

Представляет интерес сравнить уровни реверберационных полей при эхо-сквозном и обычном эхо-методом при прочих равных условиях ($x = H/2$; $L_1 = L_2 = L$). Это отношение равно:

$$\frac{(\bar{U}_P)_{\text{э.с.}}}{(\bar{U}_P)_{\text{э}}} = R e^{-2\alpha H} \sqrt{\frac{2nL + H}{2nL + 3H}}.$$

Как видно из этого выражения, несмотря на то, что уровень структурных помех при эхо-сквозном методе складывается из двух компонент, его результирующее значение меньше уровня помех, чем при обычном эхо-методе.

В докладе приводятся результаты расчетов и экспериментальных исследований реверберационных полей при прозвучивании ряда марок сталей, титана, бронзы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вережкин В. М., Евдокимов Н. А. Способ ультразвукового обнаружения дефектов. А. С. СССР, №216354, Б. И. №14, 1968
2. Вережкин В. М., Каширин В. А., Кривочуров И. А., Манчха В. К., Махов И. Э. Организация автоматизированного ультразвукового контроля листового проката в соответствии с международными стандартами. Сборник докладов конференции УЗДМ-98, С.-Петербург, 1998
3. Ермолов И. Н., Алешин Н. П., Потапов А. И. Акустические методы контроля, книга 2, -М.; Высш. шк., 1991.
4. Голубев А. С., Добротин Д. Д. Об уровне реверберационных полей при контроле листов эхо-сквозным методом. Известия ЛЭТИ, 1972, Вып. 112
5. Паврос С. К. Жарков К. В. Методы ультразвуковой дефектоскопии. -Л.: ЛЭТИ, 1982