

УДК 620.179.16

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ НА АМПЛИТУДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ И ПОДПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛН

* О. С. СЕРГЕЕВА, Г. Е. КОНОВАЛОВ, М. В. АСАДЧАЯ, Н. В. ЛЕВКОВИЧ

* Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Могилев, Минск, Беларусь

Разработка и внедрение в промышленное производство эффективных методов и средств неразрушающего контроля (НК), качества упрочнения поверхностного слоя (УПС) металла (закалкой ТВЧ, цементацией, химико-термической обработкой и др.) является важной научно-технической задачей. Объекты с УПС представляют собой среды с плавно изменяющимися по высоте слоя $z=0-h$ физико-механическими свойствами, такими как модуль Юнга E , твердость B , износостойкость и др. Глубина слоя h и указанные свойства хорошо коррелируют с акустическими параметрами - скоростью УЗК, удельным акустическим сопротивлением, затуханием волны.

В частотном диапазоне 1 – 10 МГц на образцах, с различной глубиной упрочненного закалкой ТВЧ слоя, получены экспериментальные зависимости амплитуды волны Рэлея (ПАВ) (A_R) и подповерхностной поперечной волны (A_T) от угла падения волны β , варьируемого в диапазоне, включающем второй критический угол β_2 и оптимальный угол возбуждения ПАВ β_R . Установлено, что угловые зависимости амплитуды поверхностной волны имеют вид, подобный параболе, угол максимума которой возрастает с увеличением глубины упрочненного слоя или безразмерной глубины УПС $h^*=h/\lambda_R$. Подобные закономерности имеют место и для амплитудно-угловой зависимости подповерхностной поперечной волны, но в окрестности критического угла β_2 . Показано, что для повышения точности измерения скорости ПАВ на разных частотах в объектах с УПС необходима дополнительная оптимизация углов падения волны, производимая механическим способом либо путем использования ПЭП с фазированной решеткой.

Возможно использование зависимостей $A_R(\beta)$ и $A_T(\beta)$ на разных частотах в качестве дополнительного информационного материала для определения параметров упрочненного слоя. Если же твердость на поверхности объекта с УПС известна, шероховатость поверхности $R_z \ll \lambda_{ПАВ}$, а точность установки β не выше $0,1-0,2^\circ$, то представляется возможным производить оценку глубины УПС по данным амплитудных зависимостей $A_R(\beta)$, снимаемых в режиме отражения.

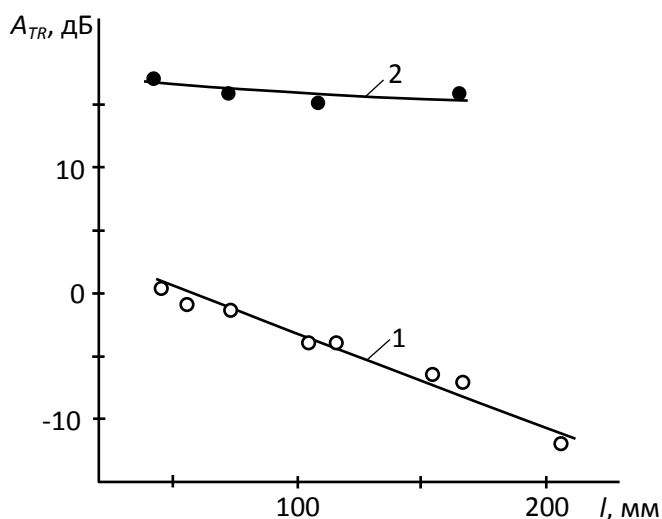


Рис.1. Зависимость отношения амплитуд A_T/A_R от расстояния в режиме отражения от грани образца: безразмерная глубина УРС $h^* = 0$ (1); $h^* = 2,5$ (2); $f = 5$ МГц, $\beta = 58^\circ$

информативного параметра, характеризующего глубину УРС.

В случае, когда $h^* > h^{**}$, наблюдается существенное изменение структуры поля подповерхностной волны, обусловленное явлением рефракции. Исследования (рис. 2), проведенные в режиме отражения на

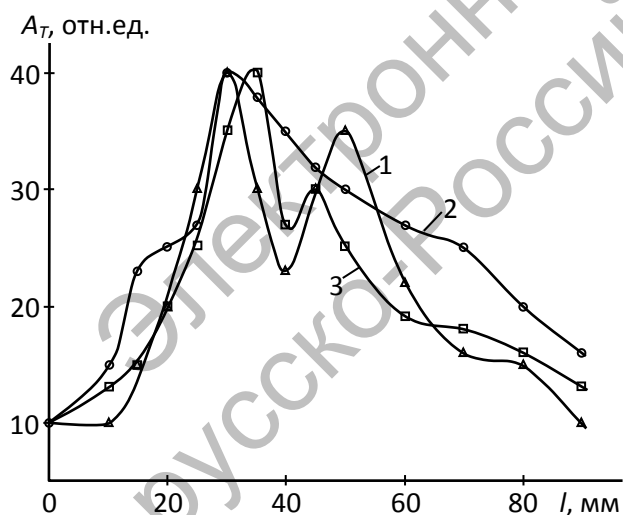


Рис. 2. Зависимость амплитуды поперечной волны от расстояния до отражающей грани образца в слое с $h^* \approx 5$ при варьировании угла падения волны в окрестности критического значения: $\beta = 23^\circ$ (1); $\beta = 25,5^\circ$ (2); $\beta = 26^\circ$ (3)

Установлено, что для угла падения волны $\beta \approx \beta_2$ и значений глубины слоя $h^* < h^{**}$ зависимости A_T и $A_{TR} = A_T/A_R$ от длины акустической базы l имеют квазилинейный вид с уменьшающимся углом тангенса наклона кривых (рис. 1). В этом случае происходит перераспределение вклада энергии падающей продольной волны в поверхностную и поперечную моды, причем ослабление последней с расстоянием, по мере увеличения глубины УРС, уменьшается вследствие эффекта рефракции. Угол наклона φ зависимостей $A_{TR}(l)$ и $A_T(l)$ по мере роста h^* уменьшается, так что он может использоваться в качестве

локальной иммерсионной ванны, показали, что уже при $h^* \approx 5$ зависимость $A_T(l)$ имеет ряд экстремумов. С одной стороны, это может быть использовано для оценки глубины УРС, коррелирующей с безразмерными координатами положения экстремумов. С другой стороны, очевидно, что если использовать зависимости $A_{TR}(l)$ при разных h , подобные приведенным на рис. 1, то эффекты рефракции существенно затрудняют процесс измерения. Установленное граничное значение глубины УРС, при котором на зависимости $A_T(l)$ уже обнаруживаются экстремумы, составляет $h^{**} \approx 3-3,5$.

Таким образом, амплитудные характеристики несут информацию о состоянии УРС и могут быть использованы для оценки его параметров путем использования достаточно простой методики и средств измерений.