

УДК 620.179.1

ВОЗМОЖНОСТИ ИМПУЛЬСНО-ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

* А. Р. БАЕВ, В. Г. ГУДЕЛЕВ, А. И. МИТЬКОВЕЦ, * М. В. АСАДЧАЯ

* Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Использование бесконтактных импульсно-лазерных методов акустического контроля [1] сдерживается отсутствием недорогих и компактных и надежных средств возбуждения-приема зондирующего сигнала, трудностями в адаптации к изменяющейся номенклатуре объектов и др. Перспективным является подход, предложенный Карабутовым А.А. (МГУ, Москва), заключающийся в сочетании бесконтактного (оптоакустического) возбуждения УВ импульсно-лазерным излучением и приеме зондирующего сигнала контактными пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП). Ниже изучаются возможности использования такого метода в ультразвуковом контроле.

На первом этапе исследований определяются оптимальные условия возбуждения звука в металлах при взаимодействии светового пучка с поверхностью металла, контактирующего с водой. Как показано экспериментально, в этом случае реализуется режим возбуждения продольной моды, близкий к поршневому, для любых интенсивностей J лазерного излучения. На втором этапе изучаются возможности ОА-возбуждения поперечных мод в твердых телах с использованием магнитных жидкостей (МЖ). На третьем – этапе рассмотрены особенности выявления плоскостных дефектов несцепления разнородных материалов.

Экспериментальная установка для проведения исследований содержит источник импульсного лазерного излучения ($\lambda_l=1,06$ мкм), системы коррекции сечения светового пучка, падающего на исследуемый образец, иммерсионной ванночки с кварцевым дном, помещаемой на пути прохождения светового пучка и удерживаемой на образце магнитными силами, пьезоэлектрических контактных преобразователей – приемников отраженного или прошедшего сигнала, соединенных с блоком согласования и усилителем, сигнал с которого подается на прибор “Spectronic“ TDS 3052В.

В результате экспериментальные исследования установлено, что эффективность преобразования лазерного излучения в продольную моду (реализуется поршневой режим) на границе вода-сталь в 20–25 раз выше, чем на границе воздух-сталь. При этом для каждого значения J и частоты следования импульсов f существует характерная толщина жидкой прослойки h_c , определяемая теплофизическими, упругими свойствами контактирующих

тел и поверхностным натяжением жидкости, для которой режим ОА-преобразования – стабильный. Так что функция $h_c(J)$ является возрастающей. Если же $h \sim 0,1$ мм, то в зоне возбуждения образуется воздушная полость и K_p принимает минимальное значение, соответствующее условиям возбуждения звука, при падении лазерного луча на границу воздух-сталь.

По аналогии с известными способами возбуждения продольных и поперечных волн в твердых телах методом клина в ультразвуковой (контактной) дефектоскопии, предложено использовать магнитную жидкость (МЖ) в качестве наклонной призмы, контактирующей со светопроводом. В случае, когда МЖ выполнена на органической основе, угол преломленной моды в объекте определяется из формулы Снеллиуса – $\alpha = \arcsin [(C_{МЖ}/C_o)\sin\beta]$, где β – угол наклона поверхности светопровода к нормали объекта, $C_{МЖ} = F(q_i, \rho_i, \beta_i)$, а q_i , ρ_i и β_i – концентрация, плотность и адиабатная сжимаемость i -го компонента, входящего в коллоид. Изучен оптоакустический тракт применительно к падению лазерного пучка на границу светопровод-МЖ, включая возбуждение звука и распространению его в металле в зависимости от оптических, теплофизических и акустических свойств МЖ и контактирующих сред. Показано, что режим “длинного импульса” (повторения временной формы зондирующего лазерного сигнала) реализуется при концентрации магнетика в коллоидах на минеральном масле и керосине $q_m \geq 2-3$ %. С уменьшением q_m – импульс расширяется и значительную роль в спектре сигнала играют низкочастотные гармоники.

Исследование отражения и прохождения УВ через двухслойные образцы (алюминий-сталь, полимер сталь и др.) с дефектами несцепления, имеющими различную форму границы S показали следующее. Во-первых, подтверждена принципиальная возможность повышения чувствительности выявления плоскостных дефектов путем использования предложенного ранее способа “оптимизации апертур и фаз мнимых когерентных источников УВ”, отраженных от неоднородной границы. При этом для реализации максимальной чувствительности метода следует использовать двухтактные схемы возбуждения лазерного сигнала. Во-вторых, при реализации теневого варианта прозвучивания показана принципиальная возможность оценки формы плоскостных дефектов (а в некоторых случаях и объемных) предложенным методом вращения светового пятна, имеющего вид полосы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль: справ. в 8 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2006. – Т. 3. – 864 с.