



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТРЕЩИНОПОДОБНЫХ НЕСПЛОШНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВОЛН ДИФРАКЦИИ

Е. А. ДАВЫДОВ

Приведены результаты эксперимента по измерению размеров трещиноподобных несплошностей с помощью волн дифракции. Все данные получены с использованием традиционной технологической базы УЗ контроля.

Given are the results of an experiment on variation of the dimensions of cracklike discontinuities by diffracted waves. All the data were obtained using the traditional technological base of UT control.

Целью данной статьи является демонстрация возможности использовать традиционную технологию проведения измерений (включая аппаратную базу) УЗ неразрушающего контроля (НК) для оценки размеров трещиноподобных несплошностей с помощью краевых волн. В настоящее время существует большое количество публикаций об использовании краевых волн для точного определения размеров несплошностей с помощью специализированных дефектоскопов. В Украине действует стандарт [1], регламентирующий правила проведения измерений с помощью краевых волн и требования к оборудованию. Использование положений указанного стандарта возможно с позиционированием преобразователей и накоплением результатов измерений, что само по себе уже представляет сложность для широкого использования метода измерений размеров несплошностей при помощи краевых волн. Поэтому была предпринята попытка провести исследование точности измерений размеров внутренних трещиноподобных несплошностей, используя только традиционную технологическую базу УЗ контроля.

Для проведения измерений использовали плоские образцы толщиной $50 \pm 0,05$ мм (рис. 1). Трещиноподобные несплошности имитировали резом разной высоты, выполненным электроискровым методом. Глубина реза h составляла 15, 25, 35 мм от поверхности ввода с погрешностью $\pm 0,05$ мм. Ширина реза составляла 0,1 мм. Шероховатость рабочей поверхности экспериментальных образцов не хуже $R_z 20$ мкм.

Для обеспечения фиксации преобразователей, их соосности, удобства перемещения и возможности изменения расстояния между преобразователями было изготовлено специальное механическое устройство. Для настройки и калибровки использовали стандартные образцы СО-2, СО-3. Все исследования проводили с помощью УЗ дефектоскопа УД2-12. Данный дефектоскоп не оптимален

для работы с краевыми волнами, в частности, нет возможности наблюдать радиосигнал, что существенно ограничивает фазовый анализ. Выбор дефектоскопа с ограниченными возможностями был сделан сознательно. Для улучшения соотношения сигнал/шум применяли предварительный усилитель, что было единственным отличием в использовании дефектоскопа от стандартной версии. Использовали преобразователи А533S (2 МГц), V535 (5 МГц) производства «Panametric» со сменными призмами из органического стекла с углами ввода продольной волны в металл α , град: 20 ± 2 , 30 ± 2 , 35 ± 2 , 40 ± 2 , 45 ± 2 , 50 ± 2 , 55 ± 2 , 60 ± 3 , 65 ± 3 , 70 ± 3 , 80 ± 3 . Использование данных преобразователей объясняется удачными конструктивными особенностями, позволяющими легко крепить их к плексигласовой призме. Определение точки выхода УЗ луча и времени задержки в призме выполнялось на образце СО-3 обычным способом. Проверку угла ввода проводили по образцу СО-2. Статистические методы для повышения точности измерений не использовали.

Скорость распространения ультразвуковых волн в металле определяли непосредственно на экспериментальных образцах по формуле

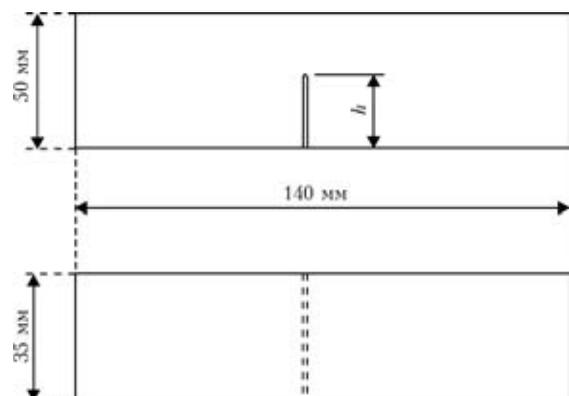


Рис. 1. Геометрические характеристики экспериментальных образцов ($h = 15, 25, 35$ мм)

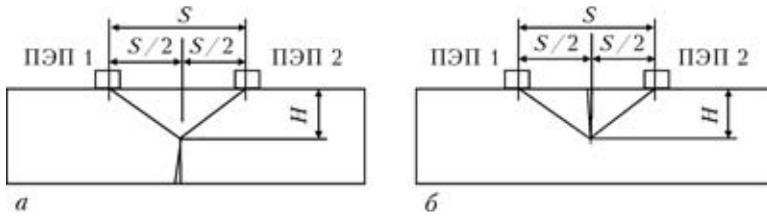


Рис. 2. Схема измерения высоты трещины: а — открытые; б — закрытые ПЭП

$$C_L = 2l/\Delta t,$$

где l — толщина образца; Δt — время прохождения УЗ волной расстояния поверхность ввода–донная поверхность–поверхность ввода.

Измерение времени прихода УЗ волны определяли по максимуму сигнала электрического импульса. Следует отметить, что данный способ не позволяет выполнять измерения с наименьшей погрешностью, но является достаточно простым в использовании и поддерживается практически всеми дефектоскопами.

Общая схема измерения высоты трещины представлена на рис. 2. Центрированное положение преобразователей относительно кромки реза определяли по минимальному времени прохождения УЗ волны пути ПЭП 1 (2) – кромка реза – ПЭП 2 (1). При проведении измерений выполнялось правило: для любых расстояний S вершина реза должна находиться на пересечении угловых диапазонов раскрытия основных лепестков диаграммы направленности, что обеспечивалось соответствующим подбором углов ввода преобразователей.

Глубину залегания вершины реза (для случая симметричного расположения преобразователей) определяли по формуле:

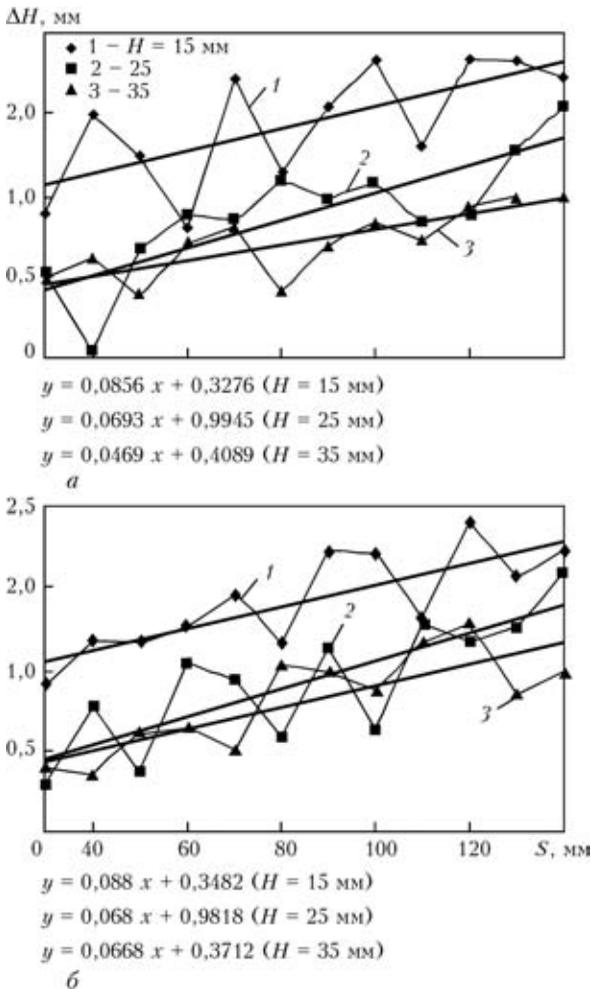


Рис. 3. Результаты экспериментального определения погрешности измерений высоты реза по схеме рис. 2 для закрытых (а) и открытых (б) преобразователей («Panametric», 2МГц). Уравнения регрессий y получены по методу наименьших квадратов

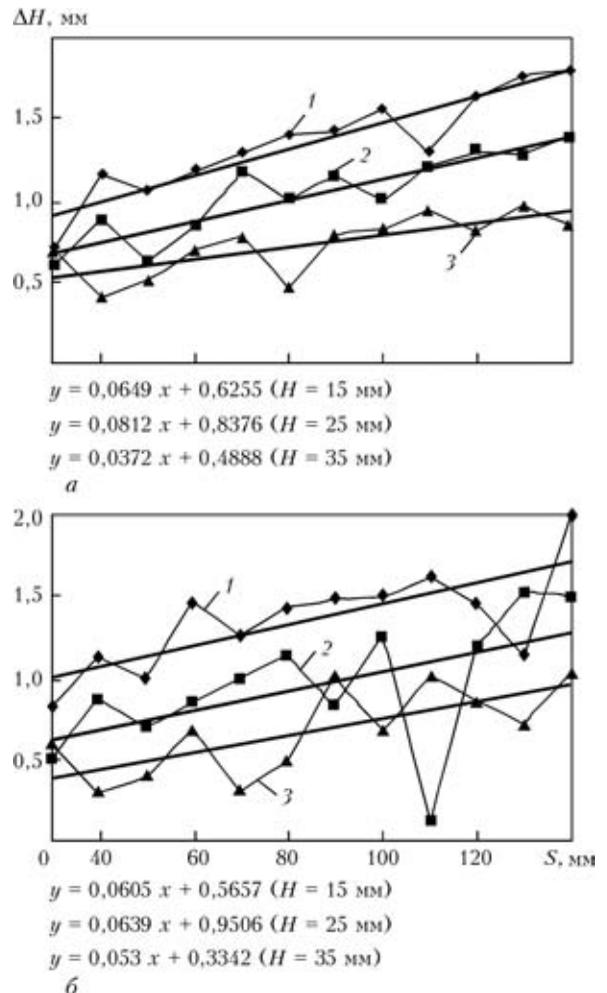


Рис. 4. Результаты экспериментального определения погрешности измерения высоты трещин по схеме рис. 2 для закрытых (а) и открытых (б) преобразователей («Panametric», 5 МГц). Уравнения регрессий получены по методу наименьших квадратов (условные обозначения те же, что и на рис. 3)

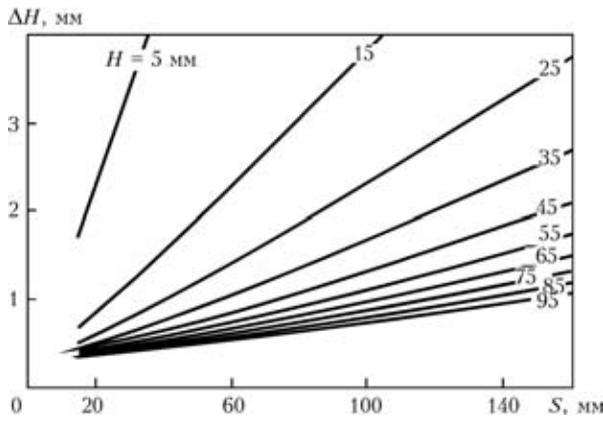


Рис. 5. Расчетные погрешности положения вершины трещины

$$H = \sqrt{(C_L(\Delta T - \Delta T_{пр})/2)^2 + (S/2)^2},$$

где C_L — скорость продольной волны в материале; S — расстояние между точками ввода преобразователей (ПЭП 1 и ПЭП 2); ΔT — время распространения волны от ПЭП 1 до ПЭП 2; $\Delta T_{пр}$ — суммарное время распространения УЗ волны в призмах преобразователей ПЭП 1 и ПЭП 2.

Погрешность измерений ΔH определяли по формуле

$$\Delta H = H_{ист} - H,$$

где $H_{ист}$ — действительная глубина залегания вершины трещины, выполненная с погрешностью $\pm 0,05$ мм.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 21.03.2007

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Техническая диагностика и неразрушающего контроль» входит в перечень утвержденных ВАК Украины изданий, публикации в котором засчитываются как обязательные для соискателей ученых степеней.

ВАК Украины принял постановление от 15.01.2003 г. № 7-05/01 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». В соответствии с этим постановлением редакционные коллегии научных специализированных изданий, признаваемых ВАК, должны принимать к печати только те статьи, которые имеют следующие необходимые элементы:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными или практическими заданиями
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые ссылается автор;
- выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которой посвящена данная статья
- формулировка целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов;
- выводы из представленного исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

Специализированным ученым советам при приеме к защите диссертационных работ предписано засчитывать статьи, опубликованные, начиная с февраля 2003 года, только при условии выполнения изложенных выше требований.

В связи с этим редколлегии журнала «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» будет принимать к печати только те статьи, которые отвечают требованиям ВАК Украины.

Редакционная коллегия журнала

Результаты измерений для открытых и закрытых преобразователей представлены на рис. 3, 4.

Для сравнительного анализа на рис. 5 приведены аналогичные расчетные погрешности измерения глубины реза [2] (при расчете принимали $\Delta R = 0,3 + 0,002R$, $\Delta S = 0,5$ мм, где R , мм — расстояние от ПЭП 1 – кромка реза – ПЭП 2).

Выводы

Использование традиционных технологических приемов настройки (калибровки) оборудования позволяет достигать практически значимых погрешностей в измерении размеров трещиноподобных несплошностей, по крайней мере, начиная с глубин залегания кромки трещины (от поверхности ввода) более 15 мм погрешность измерения не превышает 2 мм.

Приведенный способ измерения нельзя рассматривать как эквивалентную замену специализированным системам с механическим сканированием и накоплением результатов контроля.

1. ДСТУ ENV 583-6:2005. Неруйнівний контроль. Контроль ультразвуковий. Ч. 6. Дифракційно-часовий метод для виявлення і визначення розмірів несучільностей (ENV 583-6:2000, IDT).
2. Точностные характеристики определения размеров трещин при помощи дифрагированных волн // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 1999. — № 2. — С. 21–26.