

Д.Ю. ЗУБЕНКО, канд. техн. наук, доцент, Харківська національна академія міського господарства

ПРОВЕДЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

При ультразвуковом контроле тонкостенных изделий существенное значение имеет создание таких условий для настройки его параметров, которые наиболее полно отображают особенности проведения контроля на реальном объекте, и при этом максимально упрощают процесс подготовки к нему. Приведено теоретическое обоснование перехода от настройки предельной чувствительности по трубкам к настройке по двугранным углам эталонов.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, транспортные средства, диагностика.

При ультразвуковому контролі тонкостінних виробів істотне значення має створення таких умов, щоб настроїти їх параметри, які найбільш повно відображають особливості проведення контролю на реальному об'єкті, і при цьому максимально спрощують процес підготовки до нього. Наведено теоретичне обґрунтування переходу від налаштування граничної чутливості по трубках до налаштувань за двограних кутах еталонів.

Ключові слова: ультразвуковий контроль, транспортні засоби, діагностика.

Under the ultrasonic testing of thin-walled products it is essential to create the conditions for setting its parameters that fully reflect the control characteristics on a real object, and at the same time simplify the process of preparing for it. The theoretical basis of the transition from the maximum sensitivity setting on the handset to its dihedral angles of the standards has been provided.

Keywords: ultrasonic testing, the vehicle diagnostics.

Введение

Процесс определения параметров УЗ практически всегда связан с приемом сигналов от искусственных отражателей. При этом наиболее важное значение отводится настройке чувствительности. Применяемые для этой цели эталоны – это весьма дорогостоящие изделия, ведь в них расположены сложные для изготовления полости - отражатели (как правило, плоскодонные или плоские угловые зарубки).

Последние достижения

Следует отметить, что воспроизводимость акустических параметров таких отражателей, изготовленных разными производителями, часто находится на достаточно низком уровне. Поэтому в настоящее время специалисты ставят вопрос о необходимости применения для этих целей отражателей более простой конфигурации, которые можно было бы изготовить без применения специальных технологий и дорогого оборудования [1].

Некоторые современные документы [2] допускают использование вместо зарубок других отражателей, если их акустические свойства, т.е, амплитуды эхо-сигналов, отличаются не более, чем на 1 дБ. По следует отметить, что даже

внешне незначительные изменения шероховатости поверхности ввода УЗ колебаний, либо изменение консистенции контактной смазки, например, ее вязкости, могут привести к отклонениям амплитуд сигналов, превышающих 1 дБ. В работе [3] приведены данные, которые свидетельствуют о том что нестабильность акустического контакта при сканировании во время контроля (либо настройки параметров) может привести к разбросу до 2 дБ от средней величины регистрируемых амплитуд сигналов. Поэтому установленный в работе [2] порог отличия значений амплитуд сигналов от взаимозаменяемых отражателей можно увеличить до 2 дБ, что сделает более реальной возможность перехода к применению более технологичных отражателей, например, двугранных углов. Полученные дополнительные преимущества будут заключаться в изготовлении недорогого и удобного эталона.

Цель данной статьи: создание таких условий для настройки параметров при ультразвуковом контроле, которые наиболее полно отображают особенности проведения контроля на реальном объекте, и при этом максимально упрощают процесс подготовки к нему.

Материал исследования

Вопрос о целесообразности применения двугранных углов рабочих эталонов для определения чувствительности контроля тонкостенных изделий был рассмотрен в [1, 4]. В этих работах показано, что эталоны с такими отражателями, как двугранный угол, либо зарубка кроме простоты изготовления обладают дополнительными достоинствами - они имеют такую же конфигурацию, как и фрагмент тела контролируемого изделия. Этим они отличаются от эталонов с плоскодонными отражателями (форма которых, как правило, не повторяет форму контролируемого изделия). Следовательно, из-за идентичности таких важных параметров, как толщина, кривизна и марка стали, условия распространения УЗ волн в рабочем эталоне (РЭ) и изделии не могут значительно отличаться, а это особенно важно при малой толщине стенок и небольших расстояниях до отражателей в контролируемых изделиях. Наиболее важным итогом работ [1, 4] стало то, что в них разработаны рекомендации, позволяющие продолжить поиск оптимального пути для перехода от настройки по зарубке к настройке по двугранному углу.

Для поиска путей решения упомянутой выше проблемы, уточнения полученных в работе [4] результатов рассмотрим соотношения, описывающие акустические свойства зарубки и прямого двугранного угла. Согласно [5], приведенная амплитуда сигнала от прямого двугранного угла вычисляется по формуле:

$$\frac{P_y}{P_0} = \frac{D}{2\lambda_\tau} S_a \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \frac{|R(\alpha)R(90^\circ - \alpha)|}{\frac{h}{\cos \alpha} + r_0 n \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}} \quad (1)$$

где S_a - площадь пьезоэлемента наклонного преобразователя; β - угол призмы; α - угол ввода; r_0 - путь в призме от точки излучателя до точки ввода вдоль акустической оси; n – отношение скорости продольных волн C_l в призме к скорости поперечных волн C_t в стальной пластине; h – толщина пластины РЭ;

λ_τ - длина поперечных волн в пластине; $R(\alpha)$ и $R(90^\circ - \alpha)$ - коэффициенты отражения волны соответственно от горизонтальной и вертикальной граней двугранного угла; D – коэффициент прозрачности по энергии.

Воспользовавшись соотношениями, полученными в работе [5], которые описывают нормальное падение плоской волны на отражатель, а также параметр, характеризующий отражательную способность зарубки, коэффициенты отражения от граней зарубки и функцию, характеризующую максимальное значение поля преобразователя, можем найти приведенную амплитуду эхо-сигнала от зарубки и функцию, характеризующую максимальное значение поля преобразователя, можем найти приведенную амплитуду эхо-сигнала от зарубки. Из-за значительного объема преобразований приводится только окончательная формула:

$$\frac{P_3}{P_0} = \frac{D^2}{2\lambda_\tau^2} S_3 \frac{\cos \alpha \sin \alpha |R(\alpha)R(90^\circ - \alpha)|}{\cos \beta \left(\frac{h}{\cos \alpha} + r_0 n \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right)} \quad (2)$$

Для удобства описания используем введенное в [4] понятие эквивалентной площади двугранного угла – S_{y3} . В этой работе отражающая в направлении излучателя преобразователя поверхность двугранного угла сопоставлена с площадью зарубки, которая дает такой же отраженный сигнал, как и сигнал от этой поверхности. Используя это сопоставление, приравняем выражения (1) и (2). При этом заменим λ_τ на C_t/f , r_0 на $\Delta\tau_n C_n$ и получим для S_{y3} уточненную формулу:

$$S_{y3} = \left(\frac{\Delta\tau_n C_n^2 \cos \alpha}{2f \cos \beta} \frac{C_t}{2f \cos \alpha} H \right) \frac{1}{2 \sin \alpha} \quad (3)$$

где H – толщина эталона.

Формула (3) отличается от аналогичной формулы (11), полученной в работе [4], уточняющим множителем $(2 \sin \alpha)^{-1}$. Этот множитель приведет к изменению значений ранее рассчитанных в этой работе значений S_{y3} для исследованных там эталонов. Следовательно, изменится и расчетная разность амплитуд сигналов от двугранного угла и зарубки.

Для удобства рассмотрения формулы (3) необходимо сделать следующее упрощение. Если раскрыть в ней скобки, то можно видеть, что для каждого из выбранных преобразователей она представляет собой линейную зависимость:

$$S_{y3} = K_1 + K_2 H \quad (4)$$

где K_1 - постоянный для данного типа преобразователя коэффициент, равный $\Delta\tau_n C_n^2 \cos \alpha (4f \sin \alpha \cos \beta)^{-1}$; K_2 - постоянный для контролируемого изделия и применяемого преобразователя коэффициент равный $C_t (4f \sin \alpha \cos \alpha)^{-1}$. Мы считаем, что полученные выше результаты можно применить на практике после введения следующих ограничений, упрощающих решаемую задачу.

1. При контроле сварных соединений с толщиной стенки от 4 до 20 мм действующие документы рекомендуют использовать преобразователи с одним из следующих углов ввода α : 75, 70 или 65°. Поэтому в расчеты коэффициентов

K_1 , и K_2 , для каждого определенного диапазона толщин контролируемых изделий, регламентируемых [2, 6, 7], может входить только одно из трех перечисленных выше значений углов α и соответствующих им значений β .

2.Рекомендуемая в НТД (например в [2, 7],) частота излучения преобразователей - 5 МГц (для изделий толщиной до 15 мм) и 2,5 МГц (для изделий толщиной от 15 до 20 мм)- Учитывая произошедшие в последнее десятилетие значительные улучшения наиболее важных параметров современных пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) (таких как чувствительность, реверберационно-шумовые характеристики), можно рекомендовать расширить диапазон применения преобразователей с частотой 5 МГц до 20 мм. Следовательно, множитель f , входящий в формулу (3), можно принять равным $5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$.

Как правило, в промышленности изделия с приведенной выше толщиной стенок, подлежащие УЗ, изготовлены из низкоуглеродистых сталей. Следовательно, есть возможность сделать еще одно упрощение — принять для расчетов согласно данным, приведенным в [8, 9], среднюю скорость поперечных волн равной 323 м/с. Исходя из этого, а также из упрощений, приведенных в п. 1 и 2, можно утверждать следующее: коэффициент K_2 в формуле (4) может принимать только три определенных значения, зависящих от выбранного значения угла ввода (65, 70 или 75°).

В [10] приведены результаты исследований, позволившие определить диапазон значений времени задержки в призме преобразователей - $\Delta\tau_n$, в пределах которого достигаются оптимальные параметры УЗ тонкостенных сварных швов. В соответствии с этими данными наиболее целесообразно использовать преобразователи с $\Delta\tau_n$ от 3,5 до 5 мкс. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только приведенный выше диапазон рекомендуемых значений $\Delta\tau_n$, в соответствии с которым выберем для экспериментов такие ПЭП время задержки в призмах которых находится в требуемых пределах.

Выполнив приведенные условия и введя соответствующие ограничения, можно провести расчет эквивалентной площади двугранного угла $S_{v\alpha}$ при заданной толщине эталона (т.е. определить площадь зарубки в эталоне, сигнал от которой при использовании данного преобразователя будет равен сигналу от прямого двугранного угла в том же эталоне). Значение $S_{v\alpha}$ можно сопоставить с площадью, рекомендованной в НТД зарубки – S_p , и по формуле, приведенной в [7], расчетным путем определить приборную поправку (в децибелах), введение которой позволит осуществить переход от рекомендованного отражателя к имеющемуся в наличии (т. е. в нашем случае к двугранному углу):

$$\Delta A = A_{3p} - A_{yp} = 20 \log S_p / S_{v\alpha}, \quad (5)$$

где $A_{3p} - A_{yp}$ - расчетная разность значений амплитуд сигналов от зарубки и двугранного угла в РЭ.

Выводы

Получена формула и описан механизм перехода от настройки чувствительности УЗ с использованием зарубок к настройке по двугранным углам рабочих эталонов.

Для того, чтобы иметь возможность изучить сопоставимость результатов, полученных с применением разных эталонов одинаковой толщины, маркой стали и размером зарубок, метрологическим подразделениям необходимо провести измерения амплитуд сигналов от этих зарубок при одинаковом значении опорного уровня и сделать обобщение полученных результатов.

Список литературы: 1. Ермолов И. Н. О выборе способа настройки при контроле тонких сварных соединений // Дефектоскопия. — 2002.- №11. - С. 61-70. 2. ОП № 501 ЦД-97. Основные положения по ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений котлоагрегатов в трубопроводе 'ГЭС. - М.: ЦНИИТМАШ, 1997. 3. Ермолов И. И, Погрешность измерения координат дефектов под влиянием нестабильности акустического контакта // Дефектоскопия. - 1992. - № 12. - С. 3-4. 4. А. Сапрыкин С. А., Колбин И. В., Волков Ю. А. О применении двугранных углов рабочих эталонов для настройки чувствительности ультразвукового контроля стальных изделий с малой толщиной стенки // Сб. докл. сем. выст. «Современные технологии и приборы неразрушающего контроля и технической диагностики». - Харьков, 20-21.11.2003 г. 5. Ермолов И. И. Теория и практика ультразвукового контроля. - М.: Миши построение, 1981. - 240с. 6. ТР 34.17. Технічний регламент. Ультразвукова дефектоскопія зварних з'єднань котлоагрегатів, трубопроводів і посудии. Основні положення. - Київ, 2003. - 127 с.

Поступила в редколлегию 01.12.2010

УДК 532.593:541.24

С. А. ДАВЫДОВ, докт. техн. наук, доцент, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

РАСЧЕТ СНИЖЕНИЯ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЛОШНОСТИ ТОПЛИВА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ ВДОЛЬ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА ФАЗ

В работе представлена методика инженерной оценки снижения удерживающей способности сетчатых средств обеспечения сплошности топлива вследствие движения топлива вдоль сетчатой поверхности, которая контактирует с газовой фазой

Ключевые слова: космический летательный аппарат, топливо, сетчатые разделители фаз.

У роботі представлена методика інженерної оцінки зниження утримуючої здатності сітчастих засобів забезпечення суцільності палива внаслідок руху палива уздовж сітчастої поверхні, що контактує з газовою фазою

Ключові слова: космічний літальний апарат, паливо, сітчасті роздільники фаз

The technique of an engineering decreasing estimation of mesh phase's delimiters retention at functionability of means fuel continuity in consideration of fuel movement along the mesh surface which contacts to a gas phase has been presented in present work.

Key words: spacecraft, fuel, mesh phase's delimiter.

1. Введение

На протяжении последних четырех десятилетий для управления положением жидкости и обеспечения ее слива без газовых включений из баков космических летательных аппаратов (КЛА) в условиях пониженной гравитации широко используются тканые металлические сетки с ячейками микронных