

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Зоркин А.Я.¹, Масленникова М.В.², Ткаченко В.О.³, Филатов Г.Г.⁴

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

¹доктор технических наук, доцент
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

²магистрант
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

³магистрант
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

⁴магистрант
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

АННОТАЦИЯ

В данной статье описываются особенности ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений. Рассматривается контроль сварных швов эхо - методом, теневым методом и зеркально-теневым методом.

ABSTRACT

This article describes the features of ultrasonic testing of welded joints. We consider the inspection of welds echo - method, the method of shadow and mirror-shadow method.

Ключевые слова: ультразвуковая дефектоскопия; ультразвуковой контроль сварных швов.

Keywords: ultrasonic defectoscopy; ultrasonic control of welded seams.

Ультразвуковая дефектоскопия сварных соединений является одним из наиболее распространенных методов акустического неразрушающего контроля и широко применяется при изготовлении сварных конструкций. Используются ультразвуковые колебания – механические колебания упругой среды, частота которых лежит за порогом слышимости человеческого уха, то есть > 20 кГц. На практике используют колебания частотой 1,0...15 МГц. Ультразвуковой контроль обуславливается высокой чувствительностью и достоверностью к обнаружению дефектов, высокой оперативностью и производительностью, безопасностью в работе, в отличие от традиционных способов радиографического контроля.

Метод ультразвуковой дефектоскопии был открыт российским ученым Сергеем Яковлевичем Соколовым в 1928 г. основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и других характеристик в контролируемых изделиях с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа.

Для дефектоскопии применяются поперечные и продольные ультразвуковые волны (УЗВ). Продольные волны, как правило, используют, когда УЗ необходимо ввести перпендикулярно или под небольшим углом к поверхности, попереч-

ные - когда угол ввода должен быть значительным (> 35°). Это обусловлено удобством возбуждения волн данного типа: продольных – прямым или наклонным преобразователем с небольшим углом ввода, поперечных – наклонным преобразователем с углом падения между первым и вторым критическими углами [1, с. 325].

Для контроля сварных швов применяют: эхо - метод, теневой метод, зеркально-теневой метод, эхо - зеркальный метод, дельта метод.

При любом из перечисленных методов контроля можно, а иногда и необходимо применять два пьезоэлектрических преобразователя, один из которых выполняет функции излучателя, другой – приемника. Такая схема включения называется раздельной. Когда используется один пьезопреобразователь, то в этом случае он выполняет функции излучения зондирующих импульсов и приема эхо – сигналов и такая схема называется совмещенной.

Пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) – электроакустический преобразователь, входящий в комплект ультразвукового дефектоскопа принцип работы которого основан на преобразовании электрической энергии в акустическую и обратно на основании пьезоэлектрического эффекта.

Эхо метод основан на регистрации эхо – сигнала, отраженного от дефекта. Кроме преимущества одностороннего доступа он также имеет

наибольшую чувствительность к выявлению внутренних дефектов, высокую точность определения координат дефектов. К недостаткам метода следует отнести прежде всего низкую помехоустойчивость к наружным отражателям, резкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта. Этим методом контролируют около 90% всех сварных соединений толщиной 4 мм и более. На рис. 1 изображен принцип действия эхо – метода с одним преобразователем [2, с. 127].

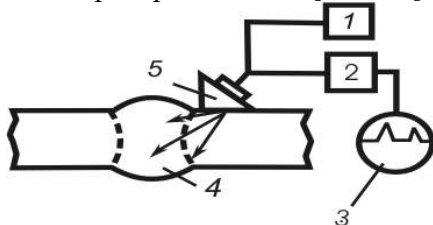


Рисунок 1. Контроль эхо – методом:
1 - генератор; 2 - усилитель; 3 - индикатор;
4 - объект контроля (шов); 5 - преобразователь

При тневом методе контроля о наличии дефекта судят по уменьшению амплитуды УЗ-колебаний, прошедших от излучателя к приемнику. Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда прошедшего сигнала. Излучатель и приемник ультразвука располагают при этом соосно на противоположных поверхностях изделия. Тневой метод можно применять только при двустороннем доступе к изделию. При ручном контроле этим методом можно контролировать сварные швы ограниченного сечения небольшой толщины. Недостатками метода являются сложность ориентации ПЭП относительно центральных лучей диаграммы направленности, невозможность точной оценки координат дефектов и более низкая чувствительность (в 10...20 раз) по сравнению с эхо – методом. К преимуществам следует отнести низкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта, высокую помехоустойчивость и отсутствие мертвой зоны. Благодаря первому преимуществу этим методом уверенно обнаруживаются наклонные дефекты, не дающие прямого отражения при эхо – методе. На рис. 2 изображен принцип действия тневого метода с двумя преобразователями [2, с. 173].

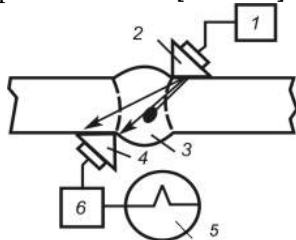


Рисунок 2. Контроль тневым методом:
1 - генератор; 2,4 - ПЭП; 3 - шов; 5 - индикатор; 6 - усилитель

При зеркально-тневом методе признаком

обнаружения дефекта служит ослабление амплитуды сигнала, отраженного от противоположной поверхности (ее обычно называют донной поверхностью) изделия. Дополнительным преимуществом этого метода по сравнению с тневым являются односторонний доступ и более уверенное обнаружение дефектов, расположенных в корне шва. Оба эти метода нашли широкое применение при контроле сварных стыков арматуры. На рис. 3 изображен принцип действия зеркально – тневого метода с двумя преобразователями [2, с. 237].

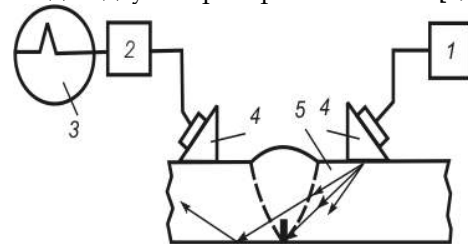


Рисунок 3. Контроль зеркально-тневым методом:
1 - генератор; 2 - усилитель; 3 - индикатор; 4 - ПЭП;
5 - шов

Основными преимуществами ультразвукового контроля является реакция ультразвука непосредственно на причину нарушения прочности. В ультразвуковой дефектоскопии сам факт распространения ультразвуковых волн основан на упругих связях в веществе. Именно упругие связи обеспечивают прочность твердого тела. Появление дефекта нарушает эти связи и вызывает отражение ультразвука. Именно поэтому ультразвук способен выявлять трещины раскрытием $10^5 \dots 10^4$ мм (более тонкие, чем любой другой неразрушающий метод), а также обнаруживать дефекты, заполненные другим веществом. Возможность выявления как поверхностных, так и внутренних дефектов. Безопасность для исполнителей и окружающих. Сравнительно небольшие затраты на контроль. Кроме контактной жидкости и довольно долговечных преобразователей никаких расходных материалов не требуется. Мобильность и адаптивность: возможность выполнять контроль, например, на высоте, в монтажных условиях, в широком диапазоне температур.

К основным недостаткам ультразвуковых методов относятся трудность или невозможность контроля изделий из неоднородных, крупнозернистых материалов (нетермообработанных литых металлов, например аустенитных сталей, некоторых типов чугунов и т.п.); требование ровной, гладкой поверхности ввода изделия; трудность или невозможность контроля изделий малых размеров и сложной конфигурации; при традиционном ручном контроле - отсутствие объективного документа о факте выполнения контроля и его результатах, подобного рентгеновской пленке; трудность или невозможность определения характера дефекта и его реальных размеров.

Особенностью ультразвукового контроля (в большей степени, чем других неразрушающих методов) является то, что дефекты обнаруживаются и правильно квалифицируются с определенной степенью вероятности, то есть не со 100 %-ной достоверностью. Причины этого заключаются как в субъективных ошибках дефектоскописта, так и в ошибках объективных, т.е. не зависящих от дефектоскописта и аппаратуры.

Список литературы:

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Н54 Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. - М.: Машиностроение, 2004. - 864 с.
2. Алешин Н.П., Лупачев В.Г. Ультразвуковая дефектоскопия: Справ, пособие. — Мн.: Выш. шк., 1987. — 271 с.

Коляри Игорь Генрихович

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АБСОЛЮТНО-УПРУГОГО УДАРА ТРЕХ ТОЧЕЧНЫХ МАСС

Старший преподаватель Омского Государственного технического университета, г.Омск

Kolyari Igor Genrikhovch

Senior teacher, Omsk State Technical University, Omsk

АННОТАЦИЯ

Теоретическая модель, которая позволяет решить проблему абсолютно упругого удара трех тел (трех точечных масс). Решение проверяется для различных сочетаний масс трех тел. Дано решение задачи при ударе вдоль одной линии, а так же на плоскости.

Модель расчета скоростей при ударе трех тел согласуется с динамической моделью. А также модель позволяет вычислить не только модули скоростей разлетающихся тел на плоскости, но и углы между импульсами (или скоростями) тел, которые тела имеют после соударения. Помимо сохранения импульса и энергии, при ударе трех тел сохраняется также поток энергии.

ABSTRACT

A theoretical model that allows to solve the problem of perfectly elastic collision of three bodies (three point masses). The solution is tested for various combinations of masses of three bodies. Given the solution of the problem at impact along one line and on the plane. Model calculation of the velocities at the impact of three bodies is consistent with a dynamic model. And the model allows us to calculate not only the modules of velocities of the scattering bodies in the plane, but the angles between the momenta (or velocities) of the bodies, which bodies have after the collision. In addition to the conservation of momentum and energy, with the impact of three bodies, there is also a flow of energy.

Ключевые слова: удар, абсолютно упругий удар, удар трех тел, точечная масса, поток энергии.

Keywords: impact, perfectly elastic impact, the impact of three bodies, a point mass, a flow of energy.

Come What May

Как известно, величины mv , mv^2 , $\frac{mv^2}{2}$ введенные во времена Галилео Галилея (Galileo Galilei), Христиана Гюйгенса (Christiaan Huygens), Исаака Ньютона (Isaac Newton), позволили решить много теоретических проблем в естествознании на основе законов сохранения: сохранения массы, сохранения импульса (количества движения), сохранения энергии. В частности, используя такие понятия как импульс, кинетическая энергия, коэффициент восстановления, решена задача удара двух тел, на основе которой объяснен эффект Комптона – взаимодействие фотона и свободного электрона.

Цель данной работы: теоретически обосновать результаты соударений абсолютно твердых точечных масс, дать математическую модель описания такого столкновения. Для этого вначале рассмотрим центральный удар двух точечных масс.

Центральный удар двух тел. Геометрическое представление

Рассмотрим традиционную задачу о центральном столкновении двух тел [1, 2], имеющих массы m_1 , m_2 и начальные скорости $v_{1(0)}$, $v_{2(0)}$. В задаче необходимо определить скорости тел после удара. Обозначим проекции скоростей тел на ось, вдоль которой оба тела движутся, после удара: для 1-го тела – v_1 , для 2-го тела – v_2 . Определим коэффициент восстановления, как частное от деления относительной скорости отражения на относительную скорость падения, сняв модули в числителе и знаменателе

$$k = \frac{v_1 - v_2}{v_{1(0)} - v_{2(0)}}, \quad (1)$$

и, с учетом законов сохранения, запишем систему уравнений

$$\begin{cases} m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_{1(0)} + m_2 v_{2(0)} \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + Q = \frac{m_1 v_{1(0)}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2(0)}^2}{2} \\ k = \frac{v_1 - v_2}{v_{1(0)} - v_{2(0)}} \end{cases} \quad (2)$$