

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЗК ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.В. Ардашев, С.Н. Лебедев

По результатам проведенных исследований на ООО «БВК» Литейное производство» (г. Челябинск) проведена отработка методики и сравнения 3-х способов по эффективности проведения контроля. В результате установлено, что наиболее эффективным способом является косвенный – с помощью формул акустического тракта.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль отливок; АРД – диаграмма; формула акустического тракта.

На сегодняшний день значительное число арматуры, в том числе и для опасных производственных объектов, изготавливается с литыми корпусными деталями, однако качество литого металла часто оставляет желать лучшего. В связи с этим, проблема обеспечения надлежащего качества литых корпусных деталей, и в первую очередь, крупногабаритного литья, продолжает оставаться актуальной.

Принято считать, что одной из основных причин отказов арматуры, связанных с неудовлетворительным качеством литых корпусных деталей, являются дефекты литья (поры, трещины и др.), а также неудовлетворительные механические свойства металла. Действующие в настоящее время нормативы допустимых дефектов, механических свойств и методы неразрушающего и разрушающего контроля направлены на недопущение в готовом изделии отмеченных выше нарушений.

Одним из основных методов неразрушающего контроля является ультразвуковой метод контроля (УЗК). Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектротрансформаторов и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр. Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так, например, по времени распространения ультразвука в изделии определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

На сегодняшний день существует пять основных методов УЗК: теневой, зеркально-теневой, зеркальный, дельта-метод и эхо-метод. В промышленности ультразвуковой контроль металла проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц. В отдельных случаях неразрушающий контроль сварных швов проводится ультразвуковыми волнами с частотой до 20 МГц, что позволяет выявлять очень небольшие дефекты. Ультразвук низких частот применяют при: работе с объектами большой толщины (ультразвуковой контроль отливок, поковок, сварных соединений выполненных электрошлаковой сваркой); контроле металлов, имеющих крупнозернистую структуру (чугун, медь, аустенитные стали) и большое затухание – «плохо проводят ультразвук».

Прямой способ наиболее прост и автоматически учитывает многие параметры акустического тракта, но требует изготовления стандартных образцов. Искусственные дефекты выбирают такими, чтобы их можно было легко изготовить с достаточной точностью, чтобы от них четко наблюдался максимум сигнала и, по возможности, чтобы искусственный дефект имитировал наиболее часто встречающиеся реальные дефекты. Получив сигнал, устанавливают его на стандартный уровень экрана дефектоскопа, регулируют аттенуатором, при необходимости, чтобы установить заданный уровень фиксации по нормативному документу. Основной мерой чувствительности в России является плоскодонные отверстия, которые довольно сложно изготовить. Кроме того, для УЗК необходима подготовка поверхности: чистота поверхности после абразивной обработки согласно ГОСТ 14782–86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» должна быть не ниже R_z 40 мкм по ГОСТ 2789–73. Также следует отметить, что процесс изготовления стандартных образцов

предприятия (СОП) с плоскодонными отверстиями трудоемок, дорог и не-технологичен, так как требуется набора стандартных образцов с различными отражателями в зависимости от толщины объекта контроля. Так же имеются известные трудности в метрологической поверке.

Косвенный способ. Важным шагом по сокращению числа используемых образцов является АРД диаграмм при настройке чувствительности и оценке размеров дефектов. В этом случае число образцов при благоприятном стечении обстоятельств можно свести к одному или непосредственно проводить настройку на объекте контроля (ОК) (рис.).

Расчетный способ, реализуемый на основе АРД – диаграмм, получаемых экспериментально или на основе расчетов. Данные диаграммы графически связывают между собой для конкретного преобразователя амплитуду эхо-сигнала, эквивалентный размер плоскодонного отражателя и расстояние до него. АРД – диаграммы обладают определенным преимуществом перед испытательными образцами, поскольку учитывают коэффициент затухания ультразвука в контролируемых материалах. Кроме того, использование АРД – диаграмм экономичнее, чем испытательных образцов. Применение АРД – диаграмм особенно эффективно при мелкосерийном производстве. Однако их используют в основном для изделий простой геометрической формы и большой толщины, так как совпадение расчетных кривых с экспериментальными данными наблюдается только в дальней зоне преобразователя.

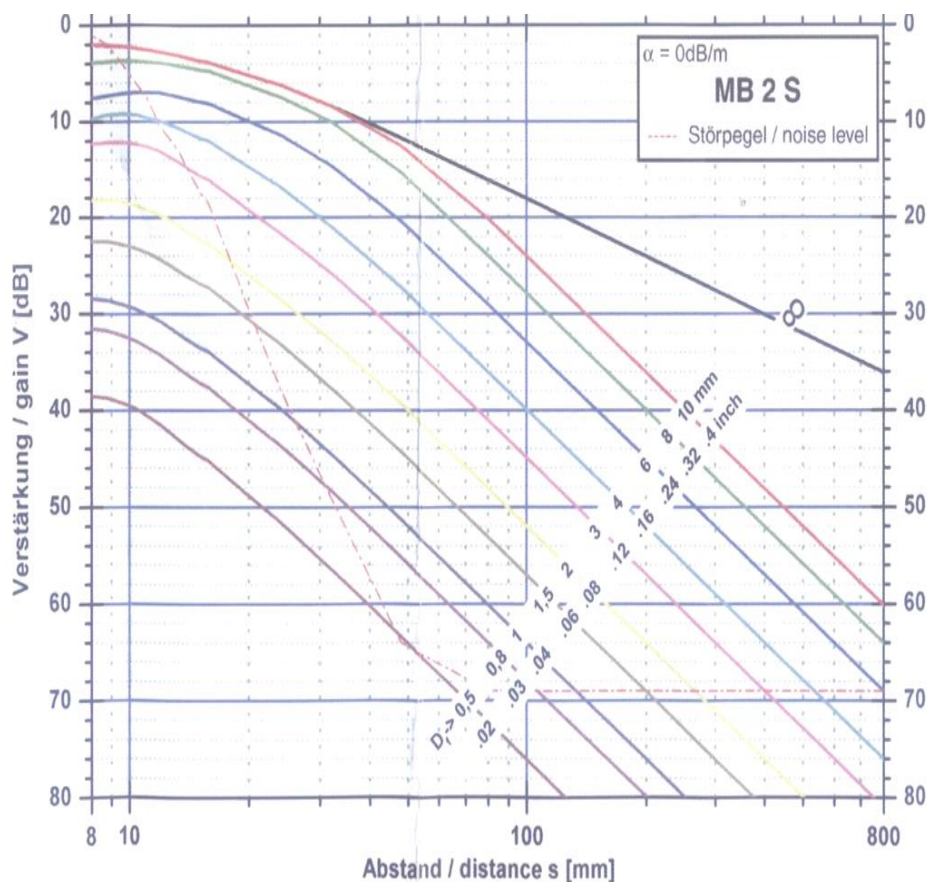


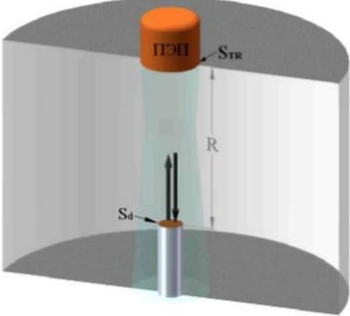
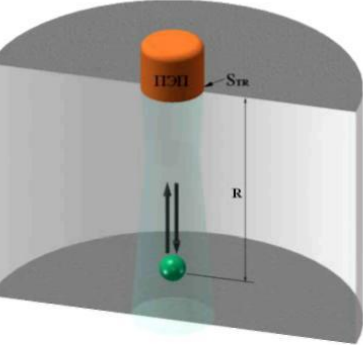
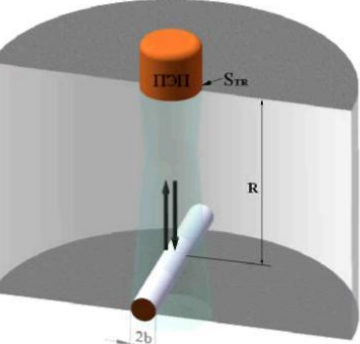
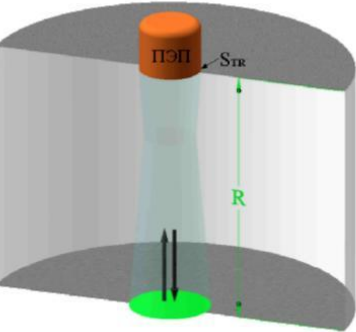
Рис. 1. АРД – диаграмма прямого совмещенного преобразователя MB2S

Особенностью данного способа является то, что для проведения контроля требуется подготовка поверхности.

Анализ по формулам акустического тракта может быть реализован с применением указаний Бархатова В.А. (табл. 1) [3].

Таблица 1

Формулы акустического тракта

Тип отражателя	Эскиз, схема прозвучивания	Формула акустического тракта
Плоскодонный (диск)		$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR} \frac{S_d}{\lambda^2 R^2}$
Сферический $\varnothing=D$		$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR} \frac{D}{\lambda R^2}$
Цилиндрический $\varnothing=2b$ (боковое сверление)		$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR} \frac{1}{2\lambda} \sqrt{\frac{b}{R^3}}$
Бесконечный (донная поверхность)		$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR} \frac{1}{2\lambda R}$

В выражениях табл. 1 приняты следующие обозначения:

S_{TR} – площадь ультразвукового преобразователя;

R – расстояние между преобразователем и отражателем;

δ – коэффициент затухания, учитывающий поглощение и рассеяние волн в материале;

λ – длина волны;

A_0 – амплитуда колебаний акустического зондирующего импульса на поверхности преобразователя (в момент излучения);

A – амплитуда колебаний волн, отраженных от несплошности, и прошедших на поверхность преобразователя (в момент приема эхосигнала).

При использовании данного метода прибор может быть настроен непосредственно на объекте контроля. Затем определяется эквивалентная площадь донной поверхности и в дефектоскоп вводится поправка на чувствительность. Подготовка поверхности не требуется, так как учитываются параметры акустического тракта.

Например, изделие толщиной R прозвучивается прямым преобразователем, типа П111. На развертке ультразвукового дефектоскопа формируется донный эхосигнал. Необходимо определить, какова эквивалентная площадь донной поверхности.

Воспользуемся формулами акустического тракта для отражателя в виде диска и бесконечного отражателя (см. табл. 1). Согласно определению эквивалентной площади амплитуда донного эхосигнала равна амплитуде эхосигнала от диска, расположенного на той же глубине R . Следовательно, правые части уравнений равны, а также равны и левые части этих уравнений. Откуда получим:

$$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR}^2 \frac{S_d}{\lambda^2 R^2} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{TR}^2 \frac{1}{2\lambda R}. \quad (1)$$

После преобразований получим, что:

$$S_{\text{экв.д}} = \frac{1}{2} \lambda R. \quad (2)$$

Сравнение двух способов настройки (калибровки) ультразвукового (УЗ) дефектоскопа прямым и косвенным способом эталонирования позволило выявить преимущества последнего:

– минимизацию абразивной зачистки участков УЗК, то есть не требуется подготовка поверхности под УЗК, шероховатость поверхности не хуже $R_z 40$;

– отказ от изготовления СОПов. Процесс изготовления СОПов с плоскодонными отверстиями трудоемок и нетехнологичен. Также имеются известные трудности в метрологической проверке.

В табл. 2 приведен ряд экономических показателей доказывающих эффективность предложенной методики на примере отливки крышка DN 1000 PN 8.

Таблица 2

Экономические показатели

№	Показатели	Прямой способ калибровки	Косвенный способ АРД-диаграммы	Косвенный способ с помощью формул
1	Подготовка поверхности объекта контроля	Требуется	Требуется	Не требуется
	Время подготовки поверхности, ч	12	12	
	Стоимость операции, руб	1570	1570	
	Годовая программа шт.	4500	4500	
	Стоимость подготовки всей партии, руб	7 065 000	7 065 000	
2	Изготовление стандартного образца предприятия 4, шт	Требуется	Не требуется	Не требуется
	Стоимость изготовления 1 СОП, руб	4		
	Стоимость изготовления партии СОП, руб	40 000		
3	Требуемая квалификация дефектоскописта	1 уровень	2 уровень	2 уровень
	Количество дефектоскопистов	2	2	2
4	Время калибровки прибора УЗК мин	Многokrатное 30 мин	Однократное 10 мин	Однократное 10 мин

Таким образом, из рассмотренных нами способов эффективным является косвенный способ с помощью формул акустического тракта.

Библиографический список

1. Крауткремер, Й. Ультразвуковой контроль материалов / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер; пер. с нем. – М: Металлургия, 1991. – 752 с.
2. Голямина, И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / И.П. Голямина. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
3. Бархатов, В.А. Расчет эквивалентной площади и эквивалентных размеров отражателей в ультразвуковом контроле изделий: методические указания / В.А. Бархатов. – Екатеринбург, 2009. – 12 с.

[К содержанию](#)