DOI: 10.17117/na.2016.11.02.244

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.244.pdf>

Поступила (Received): 30.11.2016

Ступин А.В., Лисков П.А. Проблемы ультразвукового неразрушающего контроля и способы их устранения

Stupin A.V., Liskov P.A.
The problems of ultrasonic nondestructive
testing and how to resolve them

В статье рассмотрены проблемы, связанные с достоверностью результатов проведения ультразвукового неразрушающего контроля, и пути их решения

Ключевые слова: ультразвуковой неразрушающий контроль, достоверность неразрушающего контроля

The article discusses the problems associated with the reliability of the results of the ultrasonic non-destructive testing, and ways of their solution

Key words: ultrasonic non-destructive testing, reliability of nondestructive testing

Ступин Александр Валерьевич

Кандидат технических наук, доцент
Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет
г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27

Stupin Alexander Valerievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Komsomolsk-on-Amur state technical university
Komsomolsk-on-Amur, Lenina ave., 27

Лисков Павел Андреевич

Студент
Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет
г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27

Liskov Pavel Andreevich

Student
Komsomolsk-on-Amur state technical university
Komsomolsk-on-Amur, Lenina ave., 27

Для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования нефтегазовой отрасли возникает необходимость в постоянном или периодическом его обследовании. Обследование выполняют в соответствии с комплексной программой, включающей коррозионные исследования, ультразвуковую толщинометрию, ультразвуковую и цветную дефектоскопию, а также метод акустической эмиссии, позволяющий обнаруживать зарождающиеся дефекты. Комплексное обследование требуется в связи с тем, что при работе машин и аппаратов в них могут возникнуть различные дефекты и повреждения. При обследовании возможно также выявление скрытых дефектов, не обнаруженных при изготовлении. Признаками ухудшения технического состояния технологических машин и оборудования являются [1, с. 58]:

– изменение толщины (утонение) несущих элементов (обечаяек, днищ) в результате общей коррозии;

– появление наружных трещин вследствие процессов усталостного разрушения либо процессов, вызванных воздействием технологической среды на материал сосуда;

– изменение физико-механических свойств конструкционных материалов в результате воздействия технологической среды (например, вследствие водородной или межкристаллитной коррозии) и других факторов.

Для обследования оборудования (ректификационных колонн, внутризаводских и магистральных трубопроводов, резервуаров и т. д.) с целью поддержания исправного технического состояния применяют различные виды неразрушающего контроля (НК). Ультразвуковые методы контроля являются наиболее распространенными физическими методами НК для обнаружения дефектов нефтегазового оборудования типа нарушения сплошности: трещин, непроваров, пор и шлаковых включений в сварных швах, трещин и расслоений в металле. Повышение достоверности ультразвукового вида НК позволяет повысить уровень безопасной эксплуатации технологического оборудования.

При обследовании технологических машин и оборудования могут иметь место погрешности измерений. Источники погрешностей обнаружения дефектов можно подразделить на объективные и субъективные. Субъективными являются источники, обусловленные действиями конкретного дефектоскописта (его квалификацией, состоянием здоровья и др.). К объективным источникам относятся погрешности методов и средств измерений.

Проблемы, встречающиеся на практике при проведении ультразвукового неразрушающего контроля и приводящие к снижению точности результатов измерений, заключаются в следующем:

1) При проведении контроля существующими преобразователями с призмами из оргстекла в широком диапазоне температур происходит изменение угла ввода луча.

2) При проведении контроля с применением пьезоэлектрических преобразователей достоверность результатов обнаружения дефектов зависит от стабильности акустического контакта преобразователя с поверхностью контролируемого изделия. Опытные дефектоскописты при обследовании объектов приборами ручного контроля руководствуются такими признаками, как изменение сопротивления скольжению, связанное с попаданием инородных частиц или повышенным трением из-за недостаточной подачи контактной жидкости и другими признаками [2, с. 74].

3) Достоверность ультразвукового контроля при выявлении дефекта зависит от длины звуковой волны, которая в свою очередь зависит от частоты акустических колебаний вводимых в объект. Чем больше частота, тем меньше длина волны. Однако при размере препятствия меньше четверти длины волны отражение колебаний практически не происходит, и волна не выявляет дефект, из-за этого частоты звуковой волны стремятся повышать.

4) Выявляемость дефекта при равных условиях зависит от типа дефекта. Лучше всего можно выявить плоские дефекты типа трещин. Ширина раскрытия таких дефектов почти не влияет на их обнаружение, но выявить очень плотные трещины становится сложно. Такое явление характерно для закалочных трещин.

5) Плохо поддаются контролю усталостные трещины, так как они при отсутствии нагрузки закрываются и практически не имеют раскрытия.

6) В процессе эксплуатации поверхность дефектов может забиваться плотными отложениями (например, окислами железа при эксплуатации сталей в водных средах). Происходит соединение поверхностей дефекта с окислами, что делает дефект трудно выявляемым.

Для того что бы повысить достоверность контроля разработана нормативная документация на конкретный вид оборудования предусматривающая использование дополнительных видов и методов НК.

Оптимальным путем решения проблемы изменения угла ввода луча при проведении контроля преобразователями с призмами из оргстекла в широком диапазоне температур является подбор полимерного материала с высокими термостабильными свойствами [3, с. 46].

Изменение температуры твердых тел с моноатомной элементарной ячейкой кристаллической решетки приводит к изменению их теплоемкости и объема. В соответствии с законом теплоемкости Дебая существует термодинамическая связь между теплоемкостью материала и скоростью распространения в нём ультразвука. В силу различной теплоемкости металла и оргстекла (теплоемкость металла $\sim 640,57$ Дж/кг·К, оргстекла ~ 1590 Дж/кг·К), изменение скорости звука в них будет различно при изменении температуры окружающей среды, что приводит к изменению угла ввода ультразвукового луча. В свою очередь, теплоемкость в соответствии с первым началом термодинамики прямо пропорциональна объему и, как следствие, пропорциональна коэффициенту линейного теплового расширения $K_{\text{л}}$.

Поэтому ключевым требованием при выборе материала призмы преобразователя является то, что он при приемлемых акустических параметрах должен иметь коэффициент $K_{\text{л}}$, как можно более близкий к $K_{\text{л}}$ объекта контроля (для большинства конструкционных материалов параметр $K_{\text{л}}$ является расчетным и нормируемым при их разработке).

Повысить достоверность ультразвукового НК при выявлении некоторых видов дефектов можно также при настройке чувствительности дефектоскопа.

В соответствии с ГОСТ 17410-78 "Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии" настройка чувствительности дефектоскопа осуществляется с помощью стандартных образцов. Данный способ настройки чувствительности не позволяет учесть реальную величину раскрытия дефекта в процессе эксплуатации изделия.

Аркадовым Г.В. и др. предложен способ повышения достоверности ультразвукового контроля [4], позволяющий вовремя выявить опасные дефекты для принятия необходимых мер с целью дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования. В предлагаемом способе проведение ультразвукового контроля изделия предлагается проводить под нагрузкой, достаточной для раскрытия возможного дефекта, например, трещины, в месте контроля до величины, которая обеспечила бы отражение ультразвуковой волны от дефекта и сделала его выявляемым.

Методика обнаружения дефектов в соответствии с указанным способом состоит в следующем:

1) Определяется длина волны λ для конкретного метода ультразвукового контроля по формуле

$$\lambda = c / f,$$

где c – скорость звука в материале контролируемого объекта; f – частота дефектоскопа.

2) Определяются допустимые и критические размеры $\alpha_{кр}$ дефекта изделия [5], а также при необходимости другие характеристические размеры дефектов, например допустимые в эксплуатации размеры трещин для данного вида изделия; при этом для стадии изготовления и стадии эксплуатации могут быть различные допустимые размеры дефектов.

3) Определяется величина увеличения предполагаемого дефекта δ , превышающая четверть длины волны ультразвука ($\delta = 0,25 \cdot \lambda$).

4) Определяются напряжение $\sigma = f(\delta, \alpha_{кр}, c)$, которое необходимо приложить к изделию для раскрытия гипотетического дефекта, и соответствующая этому напряжению нагрузка $p = f(\sigma)$.

5) Найденное значение нагрузки прикладывается к объекту и проводится ультразвуковой контроль.

Практика показывает, что после проведения неразрушающего контроля практически всегда в изделии еще остаются скрытые дефекты. Именно они определяют качество и надежность изделия. Рассмотренный способ позволяет обнаружить данные дефекты

Рассмотренные в данной статье проблемы, связанные с достоверностью результатов проведения ультразвукового неразрушающего контроля, и пути их решения позволят повысить уровень безопасной эксплуатации оборудования нефтегазовой отрасли.

Список используемых источников:

1. Маннапов В.П., Химченко Н.В. Оценка достоверности результатов неразрушающего контроля и толщины стенок аппарата // Химическая промышленность. 1991. № 7. С. 58-60.
2. Тарабрин В.Ф., Одынец С.А., Кисляковский О.Н. Управление чувствительностью УЗК рельсов с учетом состояния акустического контакта // В мире неразрушающего контроля. 2003. № 3 (21). С. 74-75.
3. Сясько В.А., Сеницкий Г.В., Попов А.А. Повышение достоверности УЗК, проводимого в широком диапазоне температур с использованием наклонных преобразователей // В мире неразрушающего контроля. 2007. № 4 (38). С. 46-47.
4. Пат. 2548692 Российская Федерация, МПК G01N29/00, B60S5/00. Способ повышения достоверности ультразвукового неразрушающего дефектоскопического контроля / Аркадов Г.В., Гетман А.Ф., Михальчук А.В., Казанцев А.Г., Тутнов А.А.; заявитель и патентообладатель АО "ВНИИАЭС" (RU) – № 2013148397/11; заявл. 30.10.2013; опубл. 20.04.2015. 2 с.
5. Аркадов Г.В., Гетман А.Ф., Родионов А.Н. Надежность оборудования и трубопроводов АЭС: монография. М.: Энергоатомиздат, 2010. 266 с.