

Опыт применения дефектоскопа X-32 на фазированной решетке

Ультразвуковой метод НК широко используется в различных отраслях промышленности для контроля ответственных конструкций и деталей.

За последние 40 лет дефектоскоп из громоздкого аппарата воспроизводившего на экране ЭЛТ развёртку типа А, превратился в малогабаритный процессорный прибор с плоским экраном, внутренней памятью и развитыми сервисными функциями.

Но основной недостаток традиционного ручного ультразвукового контроля - оценка величины дефекта по амплитуде отражённого от него сигнала (в случае эхо-метода) остался. Такой способ дефектотометрии не позволяет в полной степени оценить конфигурацию дефекта и поэтому даёт грубую информацию в виде эквивалентной площади и условных размеров.

Принципиально новый уровень возможностей ультразвукового контроля представляет использование фазированных решеток, а разработанный компанией HARFANG Microtechniques Inc портативный дефектоскоп X-32, работающий в широком частотном диапазоне позволяет решать очень большой спектр разнообразных задач неразрушающего контроля.

Фазированная решётка в своей основе - большая (длинной до 60 мм., шириной 12 ÷ 20 мм.) пьезо-пластина, разделенная на отдельные элементы (до 128) путём разрезки монолита на небольшие элементы. Эти элементы могут быть возбуждены по заданной дефектоскопистом программе, сигналами с электронным управлением. Для создания волнового фронта в выбранном направлении зондирующие сигналы соответственно задерживаются, что соответствует, например, временной задержке в призме наклонного ПЭП. Возбуждая каждый элемент фазированной решётки по заданному закону, прибор может управлять фокусировкой луча по глубине или дальности, качать луч относительно апертуры на любой угол. Благодаря оптимальной обработке принятых сигналов, резко повысилась чувствительность и отношение сигнал/шум, а это в свою очередь, повысило достоверность контроля при прозвучивании пластиков, аустинитных сварных швов и т.п.

Очевидное преимущество фазированной решетки можно рассмотреть на примере контроля сварного шва толщиной 100 мм.

Для того, что бы получить полную картину качества сварного соединения достаточно лишь провести УЗ ФАР преобразователь вдоль соединения, как показано на схеме приведенной, на рис. 1

В результате мы получаем секторное изображение сварного шва (Рис.2) на заданных углах ввода, на котором можно различить границы разделки сварного шва и определить точные координаты и размеры всех обнаруженных дефектов.

Запись в память прибора процесса сканирования, позволяет нам документировать, а также детально проанализировать в любое время, результаты контроля, создавая виды объекта сбоку, сверху, с торца.

Контроль лопаток турбогенераторов с помощью X-32

В нижеприведенном примере описывается оценка возможностей технологии фазированной решетки на примере контроля замка турбинной лопатки с помощью дефектоскопа X-32.

Лопатки обладают сложной геометрией, ограниченным доступом к зонам контроля. Однако, используя X-32, основанного на принципе фазированной решетки, появляется возможность быстро и точно обнаруживать в замковой части лопаток дефекты, определять их местоположение и размеры.

Место установки ФАР преобразователя показано на рисунке (2)

S-скан (секторный скан) позволяет легко и быстро интерпретировать полученные сигналы. Для подтверждения достоверности результатов изображение, полученное на S-скане, было наложено на фотографию лопатки турбины. Рисунок (3) представляет S-скан замка лопатки турбины с трещиной размером 1,5 мм. Отображаемый профиль лопатки ясно демонстрирует возможности X-32: прибор позволяет легко находить дефекты даже в таких сложных объектах как лопатка.

Очевидно, что для данного объекта оптимальные углы ввода составляют от 0° до 55°, при углах более 45° сигналы становятся менее четкими.

Ниже приведен фрагмент отчета контроля лопатки. (Рис 4) X-32 позволяет формировать отчеты таким образом, что в них содержится информация о всех настройках прибора, размерах и координатах обнаруженных дефектов.

В результате полного исследования было обнаружено 3 дефекта в замке лопатки. Наименьшая обнаруженная трещина имела размер около 0.5 мм.

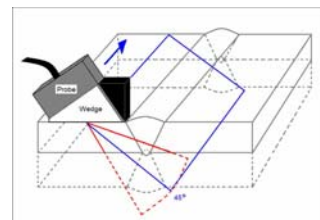
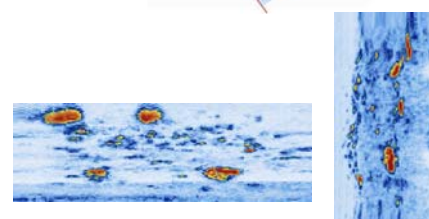
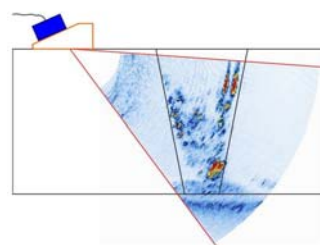


Рис 1



Вид сбоку

Вид сверху

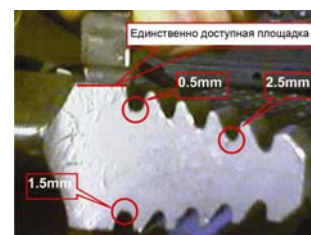


Рис 2

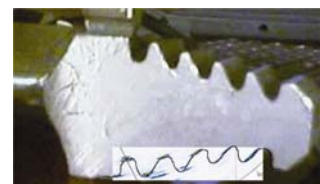


Рис 3

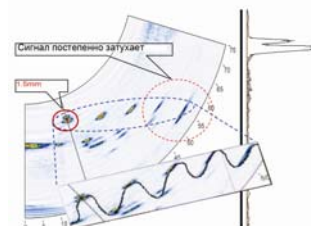


Рис4

Контроль резьбового соединения компрессорно-насосных труб используя X-32

В процессе эксплуатации компрессорно-насосные трубы подвергаются значительным нагрузкам. Наибольшая часть этих нагрузок приходится на участки конического резьбового соединения. Под воздействием нагрузок в резьбе начинают развиваться трещины. Своевременное выявление наличия подобных дефектов является первоочередной задачей, возложенной на подразделения НК.

Одним из возможных решений данной задачи является использование дефектоскопа на фазированных решетках X-32. (Рисунок 5)

За счет качания ультразвукового пучка, появляется возможность «озвучить» резьбу трубы под различными углами.

На рисунке (6) представлены результаты контроля конической резьбы НКТ.

- 1 - Сигнал от впадины первого витка
- 2 - Сигнал от вершины первого витка
- 3 - Сигнал от впадины второго витка
- 4 - Сигнал от вершины второго витка
- 5 - Сигнал от дефекта на втором витке
- 6 - Сигналы от впадины и вершины третьего витка слабо различимы

В данном случае был применен преобразователь с частотой 5МГц. Вероятно, что при использовании более высокочастотного преобразователя, картина была бы более четкой. Тем не менее, можно с уверенностью сказать, что X-32 позволяет выявлять дефекты, возникающие в резьбе НКТ.



Рис 5

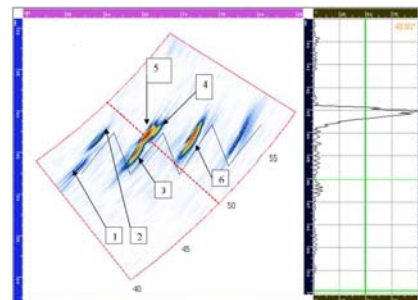


Рис 6

Контроль расслоений с использованием X-32

Как известно, водородное растрескивание (стресс-коррозия, коррозионное растрескивание под напряжением) возникает в процессе наводороживания и при наличии различных нагрузок, см. рисунок ниже. Данный тип дефектов встречается на объектах химической, нефтехимической промышленности и на трубопроводном транспорте. (Рисунок 7)

Для решения данной задачи идеально подходит метод линейного сканирования (L-скан) с использованием технологии фазированной решетки. При использовании многоэлементных преобразователей, к примеру, 128 элементных, метод линейного сканирования позволяет захватывать большие области объекта контроля и тем самым значительно повысить производительность. При этом получаемый вид сбоку объекта является наиболее информативным для выявления дефектов типа расслоения и утонения стенки.

Метод подходит как для ручного, так и для автоматизированного контроля.

На рисунке (8) приведен фрагмент отчета о контроле с использованием линейного сканирования.

Проанализировав L-скан можно четко увидеть расслоения в объекте. Они находятся на глубине между 1,1 мм и 1,5 мм с раскрытием около 0,8 мм. Использование курсоров позволяет легко и корректно определить размеры и координаты расслоения.



Рис 7

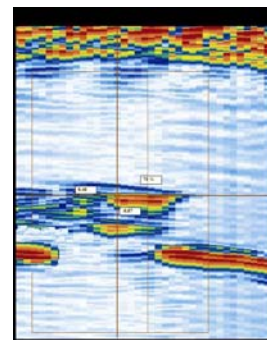


Рис 8

Контроль качества сварного соединения пластиковых труб

Используя технологию фазированной решетки и дефектоскоп X-32 возможно определять качество сварки двух пластиковых труб с использованием сварочной муфты. Рисунок (9)

Так как труба выполнена из полимера, акустический импеданс в данном случае достаточно низкий по сравнению со сталью, тем не менее, аппаратные возможности дефектоскопа позволяют генерировать сигнал необходимого уровня для проведения контроля.

В сварочной муфте расположена электрообмотка; при пропускании через нее тока, муфта нагревается по внутреннему диаметру и в результате нагрева два конца пластиковой трубы свариваются в единое целое с муфтой.

Решить задачу контроля сварного соединения на наличие непроваров возможно тремя методами: рентгенография, одноканальный ультразвук и метод фазированной решетки. В данном случае использование рентгеновского метода и стандартного УЗ метода будет крайне непроизводительно и достаточно сложно в интерпретировании данных из-за наличия слоя электрообмотки в объекте контроля.

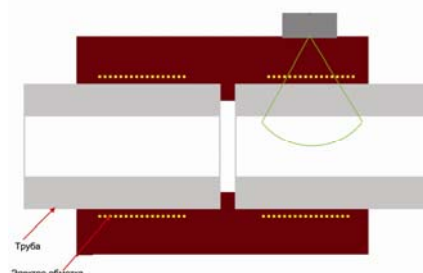


Рис 9

Применение же метода фазированной решетки позволяет эффективно проконтролировать сварное соединение.

Критерием качества сварного соединения может служить донный сигнал, отраженный от внутренней поверхности стенки трубы и прошедший между нитями обмотки.

В процессе исследования были получены отличные результаты, которые представлены на S-сканах с углами ввода от -40 до 40 градусов с использованием продольной волны.

В случае качественной сварки отраженный сигнал появляется на глубине, соответствующей толщине стенки трубы, см. рисунок сверху. На S-скане видно, что сварное соединение выполнено качественно и непроваров нет. Все отражения находятся на одном расстоянии и четко различимы. Рисунок (10)

Если же отражение отсутствует – это свидетельствует о том, что ультразвуковые волны не могут преодолеть границу между внутренним диаметром муфты и наружным диаметром трубы, что говорит о наличии непровара.

На следующем S-скане (см. рисунок 11) изображен скан центральной части муфты, где отсутствовала электрообмотка и соответственно нагрев в данной области не происходил. В результате мы видим два сильных отражения от внутренней поверхности стенки муфты и не наблюдаем, соответственно, отражений от внутренней поверхности трубы, как в предыдущем примере. Это говорит нам о том, что в данной области присутствует непровар.

Вывод:

X-32 это портативный дефектоскоп с высоким разрешением, использующий принцип фазированной решетки и позволяющий визуализировать результаты контроля, программно управлять углом наклона УЗ луча, изменять фокусное расстояние и размера фокусного пятна, контролировать с высокой производительностью, определять координаты и размеры дефектов и документировать процесс контроля и полученные результаты.

Портнов О.В.
Зотов К.В.

ЗАО "ПАНАТЕСТ"
www.panatest.ru
www.harfang.ru
mail@panatest.ru

Прохоренко А.А.
РУП "Гомельтранснефть Дружба"

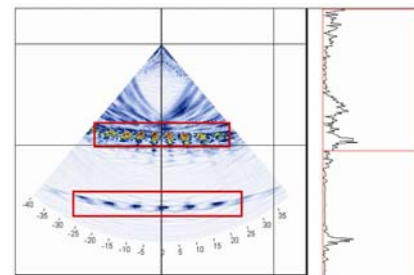


Рис 10

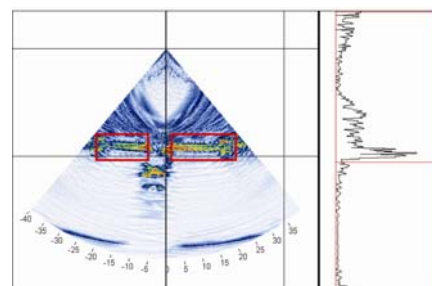


Рис 11