

Goloso Peter Sergeevich – e-mail: golemstone@mail.ru; the department of hydroacoustic and medical engineering; postgraduate student.

Styra Andrius – Vilnius Gediminas Technical University; e-mail: andrius.styra@dok.vgtu.lt; Saulėtekio al. 11, Vilnius, 10223, Lithuania; phone: +37052744734; the department of machine engineering; PhD student.

УДК 620.179.16

А.Н. Иванов

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТРУБ

Рассмотрен комплекс ультразвукового контроля труб «ДЭКОТ», изготовленный центром научно-технических услуг «Экоцентр» на ОАО «Тагмет», в основу которого положен ультразвуковой эхо-импульсный иммерсионный метод, предназначенный для автоматизированного контроля сплошности, толщины стенки и расслоений в теле трубы. Рассмотрена система ультразвукового контроля труб компании OLYMPUS NDT, R/D Tech, которая использует фазированные решётки для достижения качественной и наивысшей производительности, выявляя продольные, поперечные и наклонные дефекты под разными углами от 0 до 360° на внутренней и наружной поверхностях и в теле трубы, контролируя толщину стенки, боковые сверления, плоскостные отверстия и расслоения металла, обеспечивая достоверный контроль труб в соответствии с мировыми стандартами.

Комплекс ультразвукового контроля труб «ДЭКОТ»; система ультразвукового контроля труб компании OLYMPUS NDT; R/D Tech.

A.N. Ivanov

STATUS AND PROSPECTS OF THE ULTRASONIC CONTROL OF PIPES

The complex of ultrasonic control pipe «DEKOT» it is made a center scientifically technical services «Ecocenter» on PJSC «TAGMET», which based on ultrasonic pulse echo method designed for the automated control of continuity, wall thickness and stratification in the pipe body. Was consider a system of ultrasonic control of pipes OLYMPUS NDT, R/D Tech, which uses phased array to achieve the highest quality and performance, identifying longitudinal, transverse and oblique defects on the inside and outer surfaces of tube. This system controls the thickness of the wall, side vents, flat-bottomed holes and bundles of metal, providing reliable control of pipes in accordance with international standards.

The complex of ultrasonic control pipe «DEKOT»; system of ultrasonic control of pipes OLYMPUS NDT; R/D Tech.

Нарушение действующих стандартов трубного производства может привести к аварии на буровой установке или магистральном трубопроводе и ухудшению экологической обстановке в её зоне.

Современные стандарты трубного производства становятся более жесткими и требуют более высокого качества продукта, ориентированного на всемирное удовлетворение требований и ожиданий потребителей. Вследствие чего трубный прокат требует надёжного контроля с высокой повторяемостью, труднодостижимой в условиях высокоскоростного промышленного производства.

Вибрация, отклонение от прямизны, наличие окалины оказывают сильное влияние на эффективность контроля. Производственникам требуются системы контроля, результаты которого минимально подвержены эффекту влияния производственного процесса. Насыщенная помехами производственная среда – это основная проблема при использовании технологии ультразвука. Именно поэтому такие системы должны быть компактными, универсальными и пригодными для использования в условиях производства.

1. Рассмотрим комплекс ультразвукового контроля труб «ДЭКОТ» на ОАО «ТАГМЕТ». На рис. 1 показан ультразвуковой толщиномер-дефектоскоп «ДЭКОТ», предназначенный для автоматизированного контроля сплошности, толщины стенки и расслоений в теле трубы, а также для автоматизированной передачи полученных данных в систему сбора и обработки информации.



Рис. 1. Установка ультразвукового толщиномера-дефектоскопа «ДЭКОТ» и конструкция иммерсионной ванны с пьезоэлектрическими преобразователями

В основу работы устройства при контроле нарушений сплошности и отклонений толщины стенки труб положен ультразвуковой эхо-импульсный иммерсионный метод в соответствии с мировыми стандартами.

В движущуюся трубу излучаются одновременно продольные и поперечные ультразвуковые колебания, наличие акустического отражения сигнала от дефекта принимается соответствующими пьезоэлектрическими преобразователями [1]. Контроль сплошности и расслоений осуществляется при вращательно-поступательном перемещении трубы относительно преобразователя. Преобразователи помещены в локальную иммерсионную ванну, а величина шага контроля зависит от требования к достоверности контроля и определяется параметрами преобразователя и размерами минимально допустимого дефекта.

В каналах блока толщиномера критерием акустического контакта является наличие донных импульсов. Измерение толщины стенки осуществляется при воздействии на контролируемую трубу короткого акустического импульса через слой жидкости. При этом форма многократно отражённых в стенке трубы эхо-сигналов повторяет форму зондирующих импульсов. Измерительная схема реализует метод измерения временного интервала между отражёнными импульсами.

На рис. 2 приведен контроль труб на распознавание продольных и поперечных дефектов, который проводится при помощи поперечных (сдвиговых) ультразвуковых волн, распространяющихся зигзагообразно по телу трубы.

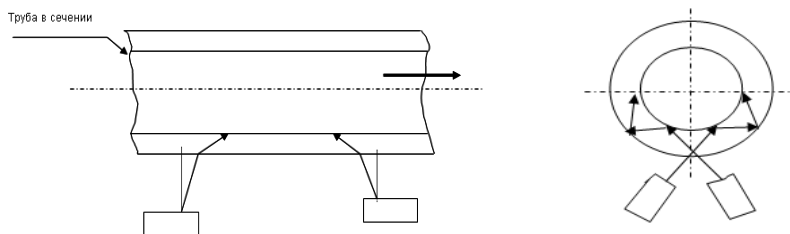


Рис. 2. Контроль трубы на распознавание продольных и поперечных дефектов

Сдвиговые волны возникают в стенках трубы в результате трансформации на границе раздела вода–поверхность трубы продольных ультразвуковых колебаний, вводимых под определённым углом к поверхности, контролируемой трубы. При вращательно-поступательном перемещении контролируемой трубы относительно преобразователей, сканирование стенки трубы происходит по спирали. Величина шага сканирования определяется параметрами преобразователя, размерами минимально допустимого дефекта, характеристиками транспортной системы установки и должна обеспечивать 100 %-ный охват поверхности контролируемой трубы.

В методиках неразрушающего контроля повсеместно используется амплитудный критерий разбраковки дефектов. Устанавливают некоторый порог амплитуды сигнала (предельную чувствительность) и затем производят сравнение сигнала от дефекта с пороговым уровнем. Если сигнал превышает порог, дефект считают недопустимым. Интуитивно такой подход понятен, чем больше дефект, тем больше сигнал от него. Однако амплитудный критерий имеет низкую информативность. Дефект может быть опасным, а амплитуда сигнала от него может оказаться низкой из-за особенностей формы, ориентации, шероховатости поверхности, расположения в трубе. Есть и обратные ситуации, когда дефект не опасный, а амплитуда сигнала большая, т.е. имеет место перебраковка. Существуют характерные особенности формы сигнала от дефектов различного типа, зачастую используют эту информацию для принятия решения о браке. Если бы можно было отнести дефект к какому-то типу, анализируя форму сигнала, тогда можно установить индивидуальный уровень браковки для каждого типа дефектов. Например, для дефектов типа трещин устанавливается жесткий критерий браковки (низкая амплитуда сигнала), а для округлых дефектов (поры, шлаковые включения) устанавливаются более мягкие нормы браковки.

Контроль труб, с целью определения наличия отклонений толщины стенки, за установленные пределы производится при воздействии на контролируемую трубу короткого акустического импульса, через слой жидкости. При контроле труб с толщинами стенок от 4 до 70 мм используется эхо-импульсный метод, при этом форма многократно отражённых в стенке трубы эхо-сигналов повторяет форму зондирующих импульсов. Измерительная схема реализует метод измерения временного интервала между отражёнными импульсами. Настройка комплекса осуществляется по стандартному образцу с искусственными дефектами в виде прямоугольного паза продольной и поперечной ориентации на наружной и внутренней поверхностях глубиной 5, 10 или 12,5 % от номинальной толщины стенки. Дефекты наносятся с помощью оборудования электроэрозионной и механической обработки металла. Данные обо всех проконтролированных трубах (толщина стенки и наличие дефектов) автоматически заносятся в базу данных системы сбора и обработки информации в виде протокола контроля.

Конструктивно система выполнена в блочном исполнении, предусматривающем установку в стойку, и состоит из блока обработки и управления, блоков ультразвуковых, блоков пьезоэлектрических преобразователей и блока питания.

Информация о толщине стенки трубы выводится на монитор в виде графика с минимально и максимально допустимыми пределами толщины стенки, устанавливаемыми в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на трубу.

Информация о дефектах трубы выводится на монитор в виде дефектограммы по всей длине трубы. Устройство предусматривает подключение звуковой, световой сигнализации и краскоотметчиков.

Информация о результатах контроля выдаётся на систему сбора и обработки информации, обеспечивающую вывод текущей информации о контроле толщины и сплошности тела трубы и запись результата контроля в базу данных.

2. Рассмотрим систему ультразвукового контроля труб компании OLYMPUS NDT, R/D Tech.

а) система с вращением трубы или вращающейся контролирующей головкой.

На рис. 3 показана инновационная система 100 %-ного контроля тела бесшовных труб. В системе контроля труб используются фазированные решётки для достижения наивысшей производительности. Техника контроля фазированными решётками универсальна и чувствительна. Используя способ помещения линейных фазированных решёток в водную призму, система представляет гибкую технологию, отвечающую самым жёстким требованиям и современным мировым стандартам.

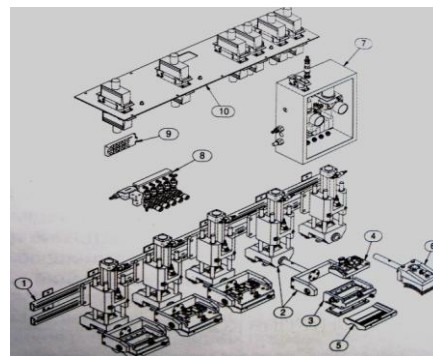


Рис. 3. Система ультразвукового контроля труб с вращением трубы компании OLYMPUS NDT, R/D Tech

Сборка водяной призмы может быть использована с системой вращения трубы без перемещения, объединенной с механическим порталом типа козлового крана или с системой вращательно-поступательной подачи с использованием V-образной механической опоры [2]. В систему входит несколько водяных призм (см. рис. 3, позиция 3), каждая водяная призма предназначена для работы в одном или двух режимах контроля (если требуется обнаружение наклонных дефектов). Всего возможно 6 режимов контроля: обнаружение продольных, поперечных, наклонных дефектов (под разными углами), измерение толщины стенки, выявление расслоений и проверка акустического контакта. Число водяных призм оптимизируется в соответствии с требованиями к контролю такими, как: типы выявляемых дефектов, производительность и т.д. Все водяные призмы взаимозаменяемы, что обеспечивает большую гибкость и облегчает техническое обслуживание, а также могут размещать разные держатели датчиков (позиция 4), содержащие один или два фазированных датчика. Вращение трубы и перемещение водяной призмы связаны с кодировщиками для безупречного картографирования дефектов. Линейные фазированные датчики позволяют электронно сканировать лучом всю область тела трубы. Управление лучом оптимизирует угол ввода от 40 до 70° при выявлении различных видов дефектов, а возможность фокусировки луча позволяет контролировать трубу любого диаметра и с любой толщиной стенки. Обычный ультразвуковой контроль, как правило, осуществляется с использованием датчиков с углами ввода 45 и 70°. Эти результаты обеспечиваются при большей чувствительности, снижении числа ложных сигналов и повторяемости на уровне 3 дБ.

Основные преимущества системы:

1. Гибкость – размер апертуры и перекрытие между апертурами оптимизировано в соответствии с требованиями контроля (малая длина искусственных дефектов 12 и 25 мм, боковые сверления и плоскодонные отверстия Ø3,175 мм, расслоения и т.д.).

2. Универсальность – система легко и быстро перенастраивается на разные конфигурации контроля для улучшения производительности или выявляемости дефектов – технология фазированных решеток обеспечивает возможность обнаружения любых типов наклонных дефектов (от 0 до 360°), под наклоном $\pm 11^\circ$, $\pm 22^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 68^\circ$.
3. 100 %-ный контроль тела трубы – размер неконтролируемых концов менее 5 мм, при использовании специального алгоритма обработки для удаления эха от кромки для обнаружения поперечных дефектов.
4. Мощное программное обеспечение – удобное для пользователя со специальной программой–мастером для создания настроечных файлов, настраиваемое отображение на экране, управление базой данных.
5. Мощный алгоритм обнаружения – специальный алгоритм обработки данных для обнаружения дефектов, таких как плоскостные отверстия менее 10 % глубины и толщинометрия стенки в реальном времени.

б) система контроля всего тела трубы без вращения.

На рис. 4 осуществляется 100 %-ный контроль без каких-либо механических передвижений, упрощая механику системы. При помощи фазированных решёток можно настроить осевую и радиальную интенсивность импульсов на нужное значение и производить контроль на высокой скорости.



Рис. 4. Система ультразвукового контроля труб без вращения трубы компании OLYMPUS NDT, R/D Tech

В водяной резервуар для УЗК помещается стойка с направляющими для центрирующего устройства, включающая кассеты с датчиками, резервуар можно перемещать из положения в поточной линии и вне её. Впускной и выпускной затворы используются для поддержания постоянного уровня воды в резервуаре, каждый затвор состоит из двух водонепроницаемых модулей и одного аварийного клапана. Ряд разъемов расположен на задней стенке резервуара. Автоматический позиционирующий стол используется для настройки высоты до поверхности контроля в соответствии с диаметром трубы. Особенности позиционирующего стола: четыре центрирующих устройства, два прижимных ролика и одна головка ультразвукового контроля. Позиционирующий стол может быть оборудован ручным или автоматическим калибратором. Это даёт возможность для позиционирования резервуара в поточной линии. Система дистанционного управления рециркуляцией воды используется для наполнения головки ультразвукового контроля. Система включает две помпы высокого давления, одна для наполнения резервуара, вторая для откачки воды из резервуара под столом. Кассета с датчиками может вместить четыре или шесть изогнутых фазированных датчиков, в зависимости от диапазона диаметров контролируемой трубы. Механическая регулировка по осям X и Y позволяет точно настроить концентричность датчиков. Регулировочное приспособление находится на верхней части кассеты и блокируется после установки системы. Кассета с датчиками имеет открытое исполнение, что позволяет быстро извлекать

датчики для технического обслуживания или замены. Все кабели проложены так, чтобы упростить манипулирование кассетой. Для выявления продольных дефектов используется одна кассета – до шести фазированных датчиков для достижения 100 %-ного покрытия и чередования режимов контроля по часовой стрелки. Для раздельного контроля по часовой и против часовой стрелке требуется дополнительный блок датчика. Для выявления поперечных дефектов используются две кассеты – до четырех фазированных датчиков каждая для достижения 100% покрытия и режимов контроля по ходу и против хода трубы (при повышенном требовании к точности).

Основные преимущества системы:

- 1) длина и глубина искусственных дефектов:
 - ◆ продольная риска: 12 и 25мм длиной, 0,2 мм глубиной;
 - ◆ поперечная риска: 10 мм длиной, 0,2 мм глубиной;
- 2) Скорость контроля:
 - ◆ до 1 м/с при выявлении одновременно как продольных, так и поперечных дефектов;
- 3) Сквозное отверстие: до 1,65 мм;
- 4) 100 %-ный контроль тела трубы, где размер неконтролируемых концов менее 50 мм;
- 5) Система легко и быстро перенастраивается на разные конфигурации контроля для улучшения производительности или выявляемости дефектов – технология фазированных решеток, обеспечивает возможность обнаружения любых типов наклонных дефектов (от 0 до 360°).

Выводы:

1. Целесообразно использовать специализированные ультразвуковые фазированные решетки и вихретоковые матрицы для достижения наивысшей на рынке производительности и соответствовать современным мировым требованиям.
2. Использовать ультразвуковой метод контроля, применяя многоканальность, для выявления не только продольных и поперечных дефектов, но и наклонных дефектов (обнаружение любых типов дефектов под разными углами от 0 до 360° на внутренней и наружной поверхностях и в теле трубы). Контролировать толщину стенки и расслоения металла.
3. Использовать вихретоковый и магнитный метод контроля совместно с ультразвуковым методом, для выявления дополнительно поверхностных и подповерхностных дефектов типа пленов, закатов, отслаивающихся трещин, разгарных трещин, ушибов, ожогов от шлифовального колеса и д.р.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мильчин В.В., Фартушный Р.Н., Ясаев Р.А., Козьев В.Г. и др. Способ автоматизированного неразрушающего контроля качества труб и устройство для его осуществления. Патент РФ на изобретение №2351925. Бюл. № 10, 2009.
2. Каталог «Промышленные системы неразрушающего контроля» компании OLYMPUS NDT, R/D Tech, ЗАО «Панатест НК», М. www.panatest-ndt.ru.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.Н. Чернов.

Иванов Алексей Николаевич – ОАО «Тагмет»; e-mail: al_013@mail.ru; г. Таганрог, ул. Кузнечная, 13, кв. 3; тел.: 89054568876, 89515368406; инженер.

Ivanov Alexei Nikolayevich – PJSC “TAGMET”; e-mail: al_013@mail.ru; 13, Kuznechnaya street, ap. 3, Taganrog, Russia; phone: +79054568876, +79515368406; engineer.