

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

А. А. МАРКАВЦОВ, О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Введение. В настоящее время в различных отраслях промышленности очень остро стоит вопрос о повышении безопасности эксплуатируемых объектов и оборудования, возрастают объемы и темпы проведения работ по их обследованию и диагностике с целью определения текущего технического состояния. Одним из основных способов по обеспечению безопасности является применение различных методов неразрушающего контроля (НК). При этом всё более актуальными становятся задачи по повышению объективности и достоверности получаемых результатов НК. Разработанные в последнее время стандарты устанавливают дополнительные повышенные требования как к получаемым результатам ультразвукового (УЗ) контроля, так и к определению типов и характеристик выявленных дефектов.

К передовым технологиям, позволяющим вывести УЗ-контроль на новый уровень качества, относится использование специализированных методик УЗ-контроля, основанных на применении ToFD-метода и преобразователей с фазированными антенными решетками (ФАР).

Дифракционно-временной метод (ToFD)

ToFD-метод основан на взаимодействии УЗ-волн с краями несплошностей. Это взаимодействие приводит к излучению дифракционных волн в широком диапазоне углов. Обнаружение дифракционных волн позволяет установить наличие несплошности.

Время прохождения регистрируемых сигналов является мерой оценки высоты несплошности, тем самым позволяя измерить дефект. Размер несплошности всегда определяется временем прохождения дифракционных сигналов. Амплитуда сигнала не используется для определения размера.

Основная конфигурация ToFD-метода состоит из разделенных УЗ-излучателя и приемника (рисунок 1). В связи с тем, что дифракция УЗ-волн слабо зависит от ориентации края несплошности, обычно используются преобразователи продольной волны с широко расходящимся пучком лучей. Это дает возможность проведения контроля требуемого объема за одно линейное сканирование. Однако при этом предъявляются ограничения к объему, который может быть проконтролирован за одно сканирование.

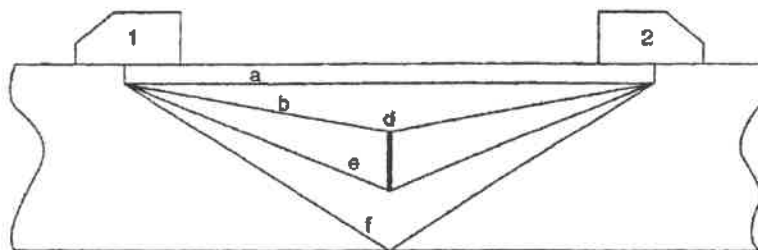


Рисунок 1 – Основная конфигурация ToFD-метода:
1 – излучатель; 2 – приемник; *a* – головная волна; *b* – сигнал от верхней кромки дефекта;
d – верхняя кромка дефекта; *e* – нижняя кромка дефекта; *f* – донный сигнал

В случаях, когда имеется доступ к обеим поверхностям объекта контроля и несплошности расположены по всей толщине объекта, сканирование с обеих поверхностей улучшит общую точность, особенно в отношении подповерхностных несплошностей.

Дифракционно-временной метод является достаточно точным и в некоторых случаях способен полностью заменить использование рентгенографического метода. Согласно анализу результатов, полученных при сравнении эффективности применения ToFD-метода и радиографии, ToFD-метод позволяет провести измерения размеров дефекта и глубину его залегания в материале. В частности, ToFD-метод показал себя более чувствительным к таким дефектам, как плоскостные трещины. Из прочих преимуществ данного метода контроля можно отметить безопасность, отсутствие расходных материалов и быстроту получения результатов.

Метод с использованием фазированной решетки (ФАР)

Исследование ФАР в качестве УЗ-преобразователей для НК материалов и изделий и разработка аппаратуры с их использованием в Беларуси и за рубежом начались в 70-х годах XX века. В настоящее время это направление УЗ-дефектоскопии является одним из наиболее перспективных, особенно при контроле толстостенных и сложнопрофильных изделий.

Что такое ФАР

Традиционные УЗ-преобразователи для НК обычно состоят либо из одного активного элемента, который генерирует и принимает звуковые волны высокой частоты, либо из двух сопряженных элементов: один – для передачи, один – для приема. Преобразователи с ФАР, как правило, состоят из датчика, включающего от 16 до 256 отдельных маленьких элементов, каждый из которых может излучать самостоятельно (рисунок 2). Они могут располагаться в виде полоски (линейный массив), кольцом (кольцевой массив), в виде круговой матрицы (круговой массив) или в более сложной форме.

Как и в случае с обычными преобразователями, преобразователи с ФАР могут быть рассчитаны на использование с прямым контактом, с призмой, или в иммерсионном варианте. Частоты преобразователя обычно находятся в диапазоне 2–10 МГц. Система ФАР также включает в себя высокотехнологичный электронный блок, который способен управлять многоэлементным преобразователем, принимать и оцифровывать эхо-сигналы. В отличие от обычных дефектоскопов системы ФАР могут излучать звуковую волну на нескольких углах или вдоль линейного пути или динамически фокусировать луч на разных глубинах, увеличивая гибкость настроек контроля.

Принцип работы

В общем принципе система ФАР использует физику поэтапного возбуждения волны, изменяя время между импульсами таким образом, что отдельные волновые фронты, созданные каждым элементом в массиве, взаимодействуют друг с другом, чтобы увеличить или погасить энергию в определенных направлениях, что позволяет эффективно управлять формой звукового луча.

Это достигается путем излучения отдельными элементами зонда в разное время. Как правило, элементы излучают группами от 4 до 32 в целях повышения эффективной чувствительности за счет увеличения диафрагмы, что снижает нежелательное рассеяние луча и позволяет лучше фокусироваться. Программное обеспечение рассчитывает фокусный закон, устанавливает конкретные времена задержки для излучения каждой группы элементов, для того чтобы создать нужную форму луча, с учетом используемых преобразователей и призм, а также геометрии и акустических свойств исследуемого материала. Запрограммированная последовательность импульсов запускает ряд отдельных волновых фронтов в исследуемом материале. Эти волновые фронты, в свою очередь, объединяют конструктивно и деструктивно в единый первичный волновой фронт, проходящий через исследуемый материал и отражающийся от трещин, разрывов, задних стенок и прочих границ, как и любая ультразвуковая волна. Луч может быть динамически управляем посредством изменения угла, фокусных расстояний и размеров фокусного пятна таким образом, что один преобразователь способен изучать в исследуемый материал различные типы волн. Это управление лучом происходит очень быстро, так что сканирование с разных ракурсов или с несколькими фокальными законами могут быть выполнены в малую долю секунды.

Возвращающиеся эхо-сигналы поступают на различные элементы или группы элементов и сдвинутые по времени по мере необходимости для компенсации различных задержек, а затем обрабатываются. При обработке с помощью программного обеспечения прибора каждый возвращенный закон фокусировки представляет отражение от определенного углового компонента луча, определенной точки на прямолинейной траектории и/или отражении от определенной глубины фокусировки. После обработки эхо-сигнал может быть отображен в лобой из нескольких форматов.

Основные достоинства преобразователей в виде ФАР – значительное увеличение производительности контроля по сравнению с механическим сканированием, возможности оперативного изменения формы диаграммы направленности, фокусировки ультразвуковой энергии и применения

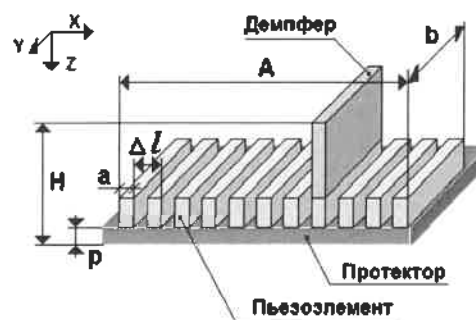


Рисунок 2 – Схема ПЭП на основе ФАР

методов оптимальной обработки эхо-сигналов. Аппаратура УЗ-контроля с использованием ФАР может обеспечивать три типа разверток *A, B, C*, а также трехмерное изображение дефектов и других нарушений сплошности.

Ультразвуковой метод НК с использованием преобразователей в виде ФАР – инновационная технология, которая предлагает новые варианты отображения данных УЗ-контроля в виде различных типов разверток, называемых сканами, а также схем проведения контроля.

Использование ФАР имеет большие преимущества при контроле изделий со сложной геометрией. УЗ-контроль таких изделий сопровождается большим количеством паразитных сигналов, которые отрицательно сказываются на скорости и достоверности контроля. Кроме того, ограниченный доступ часто не позволяет выполнить требуемое сканирование, что также снижает достоверность контроля.

Разработка и применение средств УЗ-контроля на основе датчиков с ФАР и соответствующего программного обеспечения для анализа данных позволяют с высокой надежностью быстро сканировать и получать изображение объектов сложной геометрии. Электронное сканирование позволяет выполнить контроль объектов с ограниченным доступом путем виртуального перемещения преобразователя; полученные данные запоминаются для последующей обработки, если в этом есть необходимость.

УДК 629.42.004.67

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА ТМЭ1 ПРИ ПЛАНОВОМ РЕМОНТЕ В ОБЪЁМЕ СР-1

В. В. НЕВЗОРОВ, А. А. ГАРМАШУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Почти каждая часть современного локомотивного оборудования имеет свою форму электронного управления. Обычно они собираются в кабине управления локомотивов для легкого доступа. Элементы управления обычно включают в систему управления обслуживанием, которая может быть использована для загрузки данных к портативному или ручному компьютеру [1]. В настоящее время ценная коммерческая тайна заключается в электронном контроле, регулирующем работу двигателей, генераторов и батарей на территории, известной как интеллектуальная собственность.

Так, в локомотивном депо Барановичи установлена жёсткая зависимость безаварийной эксплуатации маневрового тепловоза ТМЭ1 в период гарантийного обслуживания от производителей узлов и агрегатов, имеющих элементы электронного управления. Эта зависимость связана, прежде всего с нежеланием производителя открыть коммерческую тайну по программному обеспечению (коды доступа) и нежеланием потери имиджевой составляющей, и как следствие – затягивание времени ремонта таких узлов через исключение недобросовестных поставщиков аналогичных запасных частей.

Цель работы – поиск оптимальных путей для внедрения новых форм организации производства с участием сервисных центров при плановых видах ремонта маневровых тепловозов ТМЭ1.

Тепловоз ТМЭ1 является глубокой модернизацией тепловоза ЧМЭЗ. Производство локомотивов ТМЭ1 организовано в локомотивном депо Лида с участием представителей зарубежных фирм «ZEPPELIN» и «CZ LOKO» – поставщиков основных узлов и агрегатов [2, 3]. «ZEPPELIN» – поставка, сервисное техническое обслуживание и ремонт дизель-генераторной установки, устранение неисправностей дизеля в гарантийный период. «CZ LOKO» – поставка, сервисное техническое обслуживание и ремонт остального силового оборудования и систем управления с элементами электроники, устранение их неисправностей в гарантийный период.

Тепловозы ТМЭ1 и ЧМЭЗ имеют аналогичные по конструктивному исполнению, узлы и агрегаты: кузов, кабина машиниста, рама тепловоза, тележки, колесно-моторные блоки, механическая часть тормозной системы и т. д. Так как в локомотивном депо Барановичи имеется технологическая оснастка и оборудование для производства ремонта тепловозов ЧМЭЗ, что позволяет проводить ремонт аналогичных узлов (агрегатов) ТМЭ1, то при определении затрат на организацию ремонта ТМЭ1 в объёме СР-1 и для сравнительного расчёта затрат в равных условиях на существующий ремонт ЧМЭЗ в объёме ТР-3 и перспективный ремонт ТМЭ1 в объёме СР-1 не принимались в расчет расходы на организацию данного вида работ и текущие расходы по материалам [3, 4].