

Секция «Акустический контроль»
Руководители: Вовилкин А.Х., Бадалян В.Г., Шевалдыкин В.Г.

Секция № 1 «Акустический контроль» проходила все три дня конференции. На эту секцию было заявлено 23 доклада. Но, к сожалению, не все докладчики смогли присутствовать и сделать доклад. Возможно, сказалась и общая мировая обстановка с эпидемией. В частности, наши коллеги из Китая не приехали. Отсутствовали и некоторые докладчики из России. Всего с докладами выступили 16 специалистов.

Темы докладов весьма разнообразны: от теоретических и экспериментальных по ультразвуку, до представления новой техники, методик ультразвукового контроля и их применения на практике. В одном из докладов были представлены результаты применения акустических микроскопов для контроля углепластиков. Вполне в духе времени несколько докладов были посвящены возможностям и применению ультразвуковых антенных решёток для контроля разных объектов. Причём, не только из металла, но и из бетона.

Из теоретических докладов следует отметить сообщение К.Е. Аббакумова и А.В. Вагина из СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, «Формирование акустического тракта на нормальных SH-волнах для обнаружения дефектов в изделиях с искривлённой формой поверхности». В нём рассмотрены особенности распространения нормальных волн различных поляризаций в цилиндрических изделиях (в стенках труб) в сравнении с плоскими объектами.

Близкая к этому докладу тема была рассмотрена в докладе Ю.В. Мышкина, О.В. Муравьёвой, С.А. Королёва, А.А. Понькина, Т.С. Чухланцева из ФГБУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», Ижевск, и С.Ю. Ворончихина, АО «ИнтроСкан Технолоджи», Чайковский, «Влияние анизотропии свойств материала и геометрии трубы на скорости распространения нормальных SH-волн». В этой работе путём моделирования методом конечных элементов и экспериментально исследованы скорости SH-волн для трубы магистрального трубопровода. Рассмотрено влияние на скорость направления её распространения, геометрии трубы, текстурной и геометрической анизотропии. Показано, что наибольшее влияние на скорость SH-волны при отклонении её траектории от направления вдоль образующей до угла в 90° оказывает геометрическая анизотропия трубы. Но к этому влиянию неизбежно добавляется действие анизотропии свойств материала трубы. Эти влияния необходимо учитывать в алгоритмах обработки сигналов дефектоскопов волноводного ультразвукового контроля.

Очень яркое и насыщенное физическим смыслом сообщение сделал А.А. Марков, ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург, на тему «Новый информативный признак сигналов от дефектов при ультразвуковом скоростном контроле». Высокая скорость перемещения ультразвуковых преобразователей относительно рельса, которая используется при скоростном контроле рельсов в пути, вызывает значительные отклонения несущей частоты эхосигналов от частоты заполнения зондирующих импульсов, вызванные эффектом Доплера. Причём из-за некоторой ширины диаграммы направленности наклонного ультразвукового преобразователя сама доплеровская частота эхосигнала от любого отражателя в рельсе обладает девиацией, достигающей 14 % от среднего значения доплеровского сдвига. И именно анализ этой частотной модуляции принимаемых сигналов позволяет вести обнаружение возможных дефектов в рельсе с высокой помехоустойчивостью.

При ультразвуковом контроле объектов с помощью антенных решёток, установленных на призму, в принимаемых решёткой сигналах присутствуют значительные реверберационные помехи. В реконструированных изображениях при сканировании объекта контроля они проявляются в виде неподвижных, но флюктуирующих по яркости и форме образов, маскирующих реальные образы отражателей. С одним из способов борьбы с такими помехами на конференции выступил Е.Г. Базулин, ООО «Научно-производственный центр «ЭХО+», Москва, «Уменьшение уровня реверберационных шумов методом декор-

реляции при ультразвуковом контроле антенными решётками». Метод основан на компенсации коррелированных помех в принимаемых сигналах, т.е. на вычислении оценки коррелированной помехи и вычитания её из принимаемого сигнала. На модельном эксперименте было показано применение этого метода для повышения качества изображения.

Специалисты Научно-производственного центра «ЭХО+» представили ещё два доклада.

А.Е. Базулин с коллегами Е.Г. Базулиным, А.Х. Вовилкиным и Д.С. Тихоновым представил одну из последних разработок этой компании в докладе на тему «Ручной дефектоскоп АВГУР-АРТ Р – универсальное средство для РУЗК, МУЗК и АУЗК». В этом дефектоскопе с большим и ярким экраном реализованы все применяемые в настоящее время технологии визуализирующего ультразвукового контроля: методы фазированных решёток, цифровой фокусировки апертуры и дифракционно-временной метод. Программное обеспечение прибора позволяет использовать все разновидности алгоритмов визуализации внутренней структуры объектов контроля. Качество получаемых изображений аналогично качеству приборов ведущих зарубежных фирм.

Второй доклад авторов Д.С. Тихонова, Е.Г. Базулина, А.В. Бутова, А.В. Заушицына и С.В. Ромашкина «Новые технологии ультразвукового контроля аустенитных сварных соединений» представил Д.С. Тихонов. Аустенитные сварные соединения отличаются существенной анизотропией упругих свойств материала в объёме соединения и изменяющейся скоростью ультразвука в зоне шва по отношению к основному металлу. Поэтому для контроля таких соединений предпочтительно использовать продольные волны, более устойчивые к искривлению траектории распространения, чем поперечные волны. Наиболее эффективно вести контроль с помощью антенных решёток, особенно матричных, используя алгоритмы цифровой фокусировки апертуры. В ходе доклада были приведены изображения реальных сварных соединений, полученные на действующих промышленных объектах.

Ультразвуковая томография продолжает осваивать новые области неразрушающего контроля. О её применении для контроля изделий, получаемых по технологии трёхмерной печати, было изложено в докладе специалистов из Санкт-Петербурга на тему «Ультразвуковая томография изделий, полученных методами аддитивных технологических процессов», Л.Ф. Гордеева, ПГУПС, В.А. Быченко, И.В. Беркутов, ООО «НТЦ «Эталон», И.Е. Алифанова, Университет ИТМО, Д.С. Сергеев, ООО «НТЦ «Эталон». Авторы разработали автоматизированную установку иммерсионного контроля, реализующую метод прохождения (теневой) и эхометод. Контроль колеса турбины, изготовленного методом селективного лазерного сплавления, показал высокую чувствительность к обнаружению моделей дефектов разных размеров и ориентации в объекте со сложной геометрией и шероховатой поверхностью.

Ультразвуковая микроскопия являясь, по сути, разновидностью эхоимпульсной томографии, предоставляет уникальные возможности для исследования микроструктуры оптически непрозрачных материалов. Об устройстве, возможностях и областях применения такой техники был заслушан весьма интересный и обстоятельный доклад «Дефекты в углепластиках, выявляемые методами акустической микроскопии», Ю.С. Петронюк, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, Москва, В.М. Левин, Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, Москва, Т.Б. Рыжова, Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского, Жуковский, Московская область. Акустические микроскопы работают на частотах 50 – 100 МГц, и обеспечивают пространственное разрешение порядка 50 мкм на глубинах до 5 мм. Глубина зависит от рабочей частоты и свойств контролируемого материала. Для получения изображения объект контроля сканируют сфокусированным пучком по всем трём координатам. Из полученного массива данных выводят на экран изображения В и С типа с таким разрешением, что можно детально рассмотреть отдельные волокна, например, углепластика, обрывы их или

микроросты, где отсутствует связующее. Эта техника является прекрасным средством для исследования материалов при их проектировании, испытаниях и отладке технологии производства.

В.Г. Шевалдыкин, ООО Акустические Контрольные Системы, Москва, в докладе «Применение головных волн в ультразвуковой томографии» показал возможность реконструкции изображений металлических объектов с использованием акустических схем с поперечными и головными волнами. В этом способе реконструкции не используются отражения ультразвука от донной поверхности объекта контроля. Способ может найти применение при контроле приповерхностных зон основного металла и сварного шва при отсутствии или глубоко залегающей донной поверхности.

Электромагнитно-акустический (ЭМА) способ возбуждения и приёма ультразвуковых волн давно и успешно применяется в ультразвуковых толщиномерах и автоматизированных дефектоскопических установках. Этот способ позволяет легко возбуждать в металле поперечные волны, распространяющиеся по нормали к поверхности, с любым направлением вектора поляризации. Отсутствие промежуточных контактных сред позволяет выполнять прецизионные акустические измерения объёмных скоростей ультразвука, а по ним вычислять упругие постоянные материала, что очень важно для диагностики работающего оборудования. В докладе В.Т. Боброва, В.М. Бобренко, ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Москва, и А.В. Гулыгина, АО «НПО ЭНЕРГОМАШ им. акад. В.П. Глушко», Москва, «Акустический экспресс-способ измерения упругих констант металла потенциально опасных высоконагруженных конструкций, работающих в экстремальных условиях» была изложена суть предложенного ими и запатентованного способа измерений упругих констант. Показаны осциллограммы принимаемых сигналов, по временам задержки которых видно, что скорости волн разных поляризаций отличаются, что позволяет оценивать также текстурную анизотропию материала. Приведены результаты измерений скорости и упругих констант в некоторых сталях ответственного назначения и в сплаве Д16Т.

Разнообразие тем докладов и объектов контроля ещё раз доказывает практическую неограниченность сфер применения ультразвука для неразрушающего контроля материалов и изделий. Подробнее ознакомиться с докладами, представленными на конференцию, можно в прекрасно изданном сборнике трудов конференции «Трансформация неразрушающего контроля и технической диагностики в эпоху цифровизации. Обеспечение безопасности общества в изменяющемся мире».