

МЕТОД КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ

Жанчилов Б.Д.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Суржиков А.П., д. ф.-м.н., профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества

Сущность метода МЭП заключается в следующем. Производится импульсное механическое возбуждение диэлектрического образца, в результате чего в нем возникает акустическая волна, которая распространяется по образцу, отражаясь от его границ. В процессе движения фронт волны пересекает источники механоэлектрических преобразований, которые преобразуют часть энергии волны в переменное электромагнитное поле. Параметры электромагнитного поля регистрируют в виде сигнала отклика с помощью емкостных или индуктивных приемников, расположенных вблизи поверхности образца.

Процесс прохождения по образцу акустических волн является в высокой степени детерминированным. Вследствие этого сигнал отклика при воздействии на образец механическим импульсом заданной формы и уровня при неизменной конфигурации системы образец – приемник – источник удара будет производиться с точностью до внешних помех и шумов усилительно - преобразовательного тракта системы регистрации.

Исходя из механизма МЭП, электромагнитный отклик возникает как следствие возбуждения акустической волной, возникшей при воздействии на образец коротким механическим импульсом, двойных электрических слоев на границах раздела гетерогенных материалов образца, а также на включениях, обладающих пьезоэлектрическими свойствами.

Полный сигнал является суперпозицией откликов от каждого из источников МЭП, через который проходит волна возбуждения. Отклик от каждого из источников является, в свою очередь, суперпозицией откликов от волн, проходящих через него многократных отражений от граней образца. Интенсивность волны в районе источника МЭП обратно пропорциональна скалярному произведению вектора луча акустической волны и вектора дипольного момента источника.

Было замечено, что при нормированном ударе по образцу, имеющему форму параллелепипеда, форма откликов меняется при пе-

ремещении вдоль поверхности образца. Так как исследуемые характеристики образца связаны с параметрами отклика, то особенности формы отклика в разных точках поверхности образца могут дать дополнительную информацию о распределении характеристик объекта исследования по пространственно-временным характеристикам откликов.

Описание мультисенсорной системы

Образец возбуждается заданным числом коротких акустических импульсов (ударов) определенной формы и амплитуды с помощью пьезоэлектрического преобразователя на основе ЦТС-19, возбуждаемого электрическим высокоточным генератором с регулируемой формой сигнала. Повторное число возбуждений образца позволяет существенно повысить отношение сигнал – шум, и, следовательно, повысить чувствительность системы по обнаружению малых изменений исследуемых параметров образца.

Отклик воспринимается системой емкостных дифференциальных датчиков. Каждый дифференциальный емкостный датчик состоит из 2-ух приемных пластин, измерительного тракта, состоящего из эмиттерных повторителей с высокоомным входом и малошумящего усилителя, сигнал с которого через блок коммутации BNC-2120 поступает на многофункциональную плату сбора данных PCI – 6251 компьютера, в котором формируется база данных для дальнейшей обработки.

Исследование возможности использования аналитического сигнала отклика при механоэлектрических преобразованиях для контроля напряженно-деформированного состояния

Так как отклик определяется суперпозицией откликов волн, пробегающих неоднократно через зоны ОИ, в условиях НДС и с определенной концентрации дефектности в виде микротрещин, следует ожидать, что информативность отклика определяется не только частотным спектром, но также и временными характеристиками отклика.

Существует несколько методов изучения пространственно-временных характеристик сигнала. Это и исследования спектра с использованием скользящего окна, и вейвлетный анализа и преобразование Гильберта для формирования аналитического сигнала. Аналитический сигнал дает возможность использовать амплитудные и фазовые временные характеристики.

Производиться оценка возможности использования для контроля таких параметров аналитического сигнала, формируемого с помощью преобразования Гильберта.

Для каждой серии откликов при заданной нагрузке рассчитывалось среднее значение временной реализации, которое затем преобразовывалось в аналитический сигнал с использованием преобразования Гильберта.

Преобразование Гильберта $h(t)$ представляет собой исходный временной сигнал, все фазы которого в спектральной области повернуты на угол $-\pi/2$.

Аналитический сигнал $f(t)$ имеет вид:

$$f(t) = s(t) + i \cdot h(t),$$

где $s(t)$ – исходный сигнал отклика, i – мнимая единица

В качестве параметров аналитического сигнала для анализа можно использовать мгновенную амплитуду (МА) $a(t)$:

$$a(t) = \sqrt{s(t)^2 + h(t)^2},$$

В результате получили временные зоны, при которых МА изменяются на удалении от нулевой оси, а есть зоны, в которых перегибы кривых МА происходят в непосредственной близости от нулевого уровня.

Также была поставлена задача по выбору полос частот, в которых возможно однозначное определение относительной степени напряженно - деформированного состояния или абсолютного его значения по данным.

Был применен частотно - временной подход. В основе его было положено использование характеристик аналитического сигнала, полученного из 12 временной реализации электромагнитного отклика с использованием преобразования Гильберта в заданной полосе частот. Из спектра временной реализации отклика вырезалась, с использованием скользящего окна, спектральная полоса заданной ширины, а затем обратным преобразованием Фурье восстанавливается временной отклик.

В итоге получили: в низкочастотном диапазоне частот нет выраженных особенностей, которые можно было бы однозначно связать с давлением на образец. В частотном диапазоне 54 кГц и 70 кГц наблюдаются монотонные убывание локальных максимумов огибающих от нагрузки, при этом их значения монотонно смещаются во времени. В диапазоне частот (78 –82) кГц также видны размытые из-за более узкой полосы частот временные смещения пиков. В области более высоких частот не наблюдаются явные, однозначно связанные со степенью нагрузки, изменения огибающих аналитического сигнала.

Таким образом, варьирование частотным диапазоном помогает обнаруживать однозначные изменения параметров огибающей аналитического электромагнитного сигнала от сжимающей нагрузки. Имея заранее полученные зависимости, можно по данным откликов определить абсолютные значения напряженно-деформированного состояния одного и того же объекта исследования.

ТЕСТ–ПАНЕЛЬ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Зайцева А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Калинин Н.П., к.т.н., доцент
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Тест–панель – это панель для капиллярной дефектоскопии, применение которой позволяет оценивать способность дефектоскопических материалов к обнаружению дефектов или сравнивать наборы между собой.

Наиболее широко применяют металлические тест-панели в виде пластин с хрупким металлическим, гальваническим, химическим покрытием или с поверхностью, упрочненной химико-термической обработкой – азотированием. Трещины получают при деформации образцов изгибом, растяжением либо вдавливанием пуансона с цилиндрической или сферической формой контактной поверхности.

К недостаткам таких образцов относится возникновение трещин в непредсказуемых местах и с неопределенной плотностью распределения на единицу поверхности, а также их неопределенное число и расстояние между ними. Возможность изготовления указанным способом образца, содержащего ряд дефектов с определенной закономерностью ширины и глубины раскрытия, возникающих от прилагаемой нагрузки, весьма затруднительна.

Проводимые в последние годы исследования по созданию контрольных образцов из неметаллов позволяют реализовать тест–панель из неметалла для капиллярной дефектоскопии, на которой реализовано несколько трещин, соответствующих разным классам чувствительности. Неметаллический материал – эпоксидный клей, в котором дефекты выполнены вытравливанием фольги требуемого размера или напыленного тонкого слоя металла.

Суть изготовления заключается в следующем: вначале приготавливается одноразовая форма по размерам тест-панели, затем в нижней