

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 620.179.16

СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННИХ
АВИАДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ СВОБОДНИХ КОЛЕБАНИЙ

¹⁾Близнюк Е.Д., ¹⁾Еременко В.С., ¹⁾Суслов Е.Ф., ¹⁾Переєденко А.В., ²⁾Павленко Ж.А.,
¹⁾Національний авіаційний університет, г. Київ, Україна ²⁾Національний
технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Київ,
Україна

Проведение капитального ремонта газотурбинных двигателей предусматривает процедуру контроля собственных резонансных частот лопаток ротора вентилятора. Определяются частоты первой изгибной моды и первой крутильной моды для лопаток первой ступени и первой изгибной моды для лопаток второй ступени.

В докладе рассмотрена реализация автоматической системы неразрушающего контроля собственных резонансных частот лопаток авиационной турбины.

Система является аппаратно-программным комплексом, который позволяет определять частоты собственных колебаний лопатки, формирование массива данных измерений, а также проводить их последующую обработку и анализ (построение спектрограммы, расчет среднего значения частоты выделенных мод, дисперсии, построение интервальной оценки). Система контроля реализована на базе платформы cDAQ, ключевым элементом которой является 8-слотовое шасси cDAQ 9172 с пропускной способностью до 3,2 Мб/с. Связь с компьютером осуществляется через интерфейс USB 2.0, что дает возможность эксплуатировать систему как в стационарном, так и в мобильном вариантах. В составе системы используются АЦП NI 9215 (динамический диапазон ± 10 В, разрядность 16 бит, частота дискретизации 100 кГц/канал), измеритель шума и вибрации в комплекте с электрическим микрофоном и усилителем. В качестве среды разработки был задействован программный пакет NI LabVIEW 8.5.

Возбудителем свободных колебаний в объекте контроля является металлический шарик весом 40 г. Разработанная система имеет следующие параметры: диапазон измеряемых частот от 2 Гц до 16 кГц, частота дискретизации – 100 кГц, частотное разрешение – 0,5 Гц, усреднение 0,2 с.

Был разработан специальный программный модуль, реализующий синхронизацию по уровню принятого сигнала, что позволило точно зафиксировать начало процесса сбора данных с моментом возникновения импульса.

В результате работы системы формируется массив мгновенных значений принятых сигналов, рассчитывается спектр мощности, строится спектрограмма распределения частот собственных колебаний лопаток, проводится осреднение.

В данное время проводятся экспериментальные исследования по контролю лопаток первой и второй ступеней авиадвигателя. Полученные результаты позволяют разработать методику контроля лопаток газотурбинных авиадвигателей.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, лопатка, собственные колебания

УДК 620.179.16

АКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Безымянный Ю.Г., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Начиная со середины прошлого века материаловедческие задачи всё более часто решаются с привлечением методов неразрушающего контроля. В этом направлении акустические, по крайней мере, не уступают другим методам неразрушающего контроля по большинству важных показателей, в частности безопасности, универсальности, чувствительности, экспрессности.

В основе практического использования акустических методов лежит физическая связь параметров акустических полей непосредственно со свойствами упругости и неупругости твёрдого тела, а опосредованно – с его строением. В настоящее время эти методы позволяют определять свойства и эксплуатационные характеристики материалов и изделий из них, контролировать процессы создания и изготовления материалов, тестировать продукцию, диагностировать состояние материалов в процессе их изготовления и эксплуатации и т.д. Метод неразрушающего контроля по своим возможностям должен быть адекватен особенностям материала. Появление в процессе технического прогресса новых материалов, часто со сложной внутренней структурой, требует постоянного развития таких методов и реализующих их средств.

На основании опыта многолетней работы отдела акустических методов исследований материалов и известных публикаций представлено одно из активно развивающихся направлений неразрушающего контроля – акустический мониторинг материалов. Для этого направления: проведен анализ задач и особенностей их решения; представлены классификации материалов по акустическим критериям и методов контроля – по материаловедческим; приведена характеристика основных принципов и описана методология синтеза акустических методов неразрушающего контроля, адаптированных к условиям конкретной задачи. Указанная методология позволяет на основе анализа

особенностей строения материала и решаемой задачи путём адекватного моделирования и проведения статистического эксперимента синтезировать акустические методы прогнозирования и контроля, диагностические параметры которых имеют повышенную чувствительность к конкретному свойству, особенностям структуры или дефектов материалов. Приведены многочисленные примеры.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, материаловедение, свойства материала, упругость, неупругость, дефектность, упругая волна, скорость распространения, коэффициент затухания.

УДК 577: 4: 581.17: 614.78: 614.79

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ С ВЫСОКОЙ ДОЛЖНОСТНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ: КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОВАЯ ДИАГНОСТИКА

Абрамов В.В., Дзензерский В.А., Бояндуров С.Э., Гольцов В.В., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Соколовский И.И., Соколовский С.И., Днепропетровский медицинский институт традиционной и нетрадиционной медицины, Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, г. Днепропетровск, Федеральный научный клинично-экспериментальный центр традиционных методов диагностики и лечения МЗ Российской Федерации

С использованием измерительных быстродействующих датчиков, установленных на поверхности тела обследуемого, осуществляют регистрацию и анализ пульсовой волны, базирующийся на методе локальной геометрии (тензорного анализа), позволяющем выделить ортогональные факторы структуры пульсовой волны, осуществить автоматический контроль качества пульсовой волны в реальном времени – выявить дисгармонические структуры факторов и классифицировать пульсовую волну на уровне синдромов восточной медицины.

С целью уточнения синдромов, повышения достоверности исследований и постановки диагноза параметры электрических сигналов, снимаемых с датчика пульсовой волны, при обработке представляют в виде матрицы, содержащей сравнительные последовательности элементов, полученных в результате сравнения энергий составляющих сигнала измеряемой пульсовой волны между собой и с энергиями составляющих сигнала эталонной пульсовой волны.

При составлении плана лечебных мероприятий дополнительно отражают динамику изменения матрицы в форме матрицы разности значений сравнительных последовательностей элементов, включенных в матрицу по результатам измерения до корректирующего воздействия на организм и в матрицу корректирующего воздействия. При этом в качестве корректирующего используют воздействие, выбираемое из группы: воздействие на биологически

активные точки, медикаментозное воздействие, бальнеологические процедуры, массаж, диетическое питание.

Разработанный метод и его аппаратное обеспечение позволяют вести периодичный и постоянный (мониторинг) контроль состояния человека как в статике, так и в динамике, достоверно выявить факторы (в том числе и корректирующие), изменяющие состояние человека и после оценки степени их влияния на человека вести терапевтические разработки в области управления функциональным состоянием человека.

Ключевые слова: функциональное состояние, быстродействующий датчик, пульсовая волна, математическая обработка

УДК 620.179.16

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ХВИЛЬ РЕЛЕЯ

Лігоміна С.М., Ардельска О.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В наш час для ультразвукової тензометрії все частіше використовуються електромагнітно-акустичні перетворювачі (ЕМАП), основною перевагою яких є безконтактне збудження ультразвуку в об'єкті контролю (ОК).

Суттєвим недоліком ЕМАП є низький коефіцієнт перетворення. Збільшення коефіцієнту перетворення може бути досягнуто за рахунок оптимізації конструкції перетворювача.

В існуючих аналітичних моделях ЕМАП складно врахувати розміри витків, відносне положення витків, діаметр проводу, вплив екрану і т.д., що ускладнює процес оптимізації.

Розв'язком цієї проблеми може бути використання для оптимізації методу кінцевих елементів.

В наш час для застосування методу кінцевих елементів існують такі програмні пакети як Comsol, Ansys тощо. Вони мають ряд недоліків: громіздкість, складність використання, незручний інтерфейс, високу вартість та відсутність безкоштовних демонстраційних версій.

Вирішенням даної проблеми може бути використання програмного пакету Elcut. Студентська версія даного пакету має простий інтерфейс та безкоштовну демонстраційну версію.

Для розрахунку була вибрана задача магнітного поля змінних струмів, яка дозволяє розрахувати вихровий струм в ОК, та оцінити таким чином ефективність збудження ультразвуку в (ОК).

Модель складалася з перетворювача (катушки і екран) та об'єкту контролю (рис.1,а).

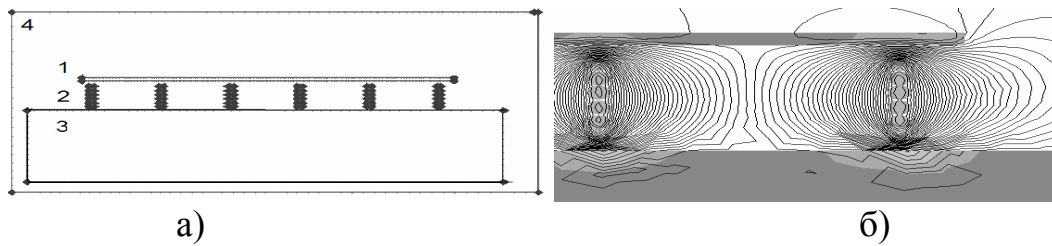


Рис. 1. а) вигляд моделі в середовищі ELCUT 1- екран, 2 - котушка, 3 - ОК, 4 - границі моделі, б) приклад розрахунку щільності вихрових струмів

Було досліджено вплив екрану, зазору, куту нахилу між ОК та ЕМАП, вплив типу матеріалу ОК та екрану на щільність вихрових струмів.

Отримані дані дають можливість оцінити ефективність збудження вихрових струмів в ОК в залежності від параметрів перетворювача та визначити таким чином їх оптимальні значення.

Ключові слова: метод кінцевих елементів, ЕМАП, вихровий струм.

УДК 620.179.14

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Десятніченко О.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Розроблена комп'ютерна модель, яка описує випромінювання та прийом сигналу електромагнітно-акустичним перетворювачем (ЕМАП) та процеси розповсюдження акустичних коливань у об'єкті контролю (ОК). Ця модель дозволяє моделювати сигнал, отримуваний з приймаючого датчика, в залежності від різних

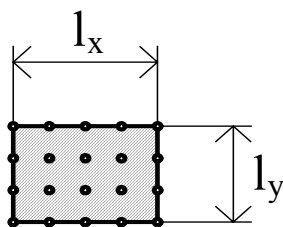


Рис. 1.
Представлення
робочої поверхні
датчика у вигляді
випромінюючих
точок

параметрів, таких як: геометричні розміри передаючого та приймаючого ЕМАП, їх характеристики, товщина ОК, рівень згасання, тип та амплітуда збуджуючого сигналу, та ін. Використання цієї моделі дозволяє отримувати рекомендовані параметрів ЕМАП в залежності від конкретного типу ОК, його товщини, рівня корозії.

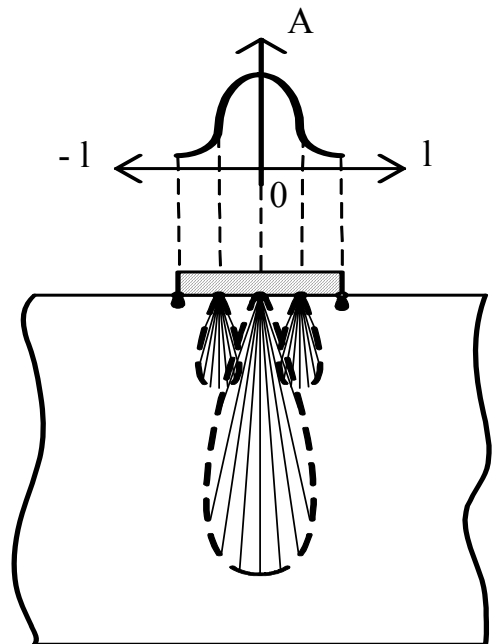


Рис. 2. Схематичне
зображення моделі датчика

Також модель дозволяє дати оцінку точності вимірювання для кожного конкретного випадку.

Для моделювання датчик представляється у вигляді поверхні з дискретними умовними точками випромінювання (рис.1). Площа цієї поверхні дорівнює площі робочої поверхні ЕМАП. Точність розрахунку тим вища, чим більша щільність точок. Точки рівномірно розподілені по усій робочій поверхні датчика. Усі ці точки мають однакову діаграму спрямованості, але її розмір залежить від відстані точки від геометричного центру робочої площі ЕМАП (рис.2). Прийнято, що випромінювання та прийом сигналу відбувається лише на цих умовних точках. Тому для оптимізації швидкості процесу моделювання в розрахунку враховуються лише ті випромінені сигнали, що після n -відбиттів попадають у умовну точку приймача (де $0 \leq n \leq N$; N – визначається необхідною точністю моделювання).

Проведенні дослідів показали, що отримувані результати моделювання мають досить високу достовірність, а використання моделі значно спрощує процес вибору параметрів ЕМАП для конкретних задач.

Ключові слова: ЕМА перетворювач, оптимізація, модель.

УДК 620.179.16

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ДВУХФАЗНЫХ СПЛАВОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Безымянная К.Ю., Колесников А.Н., Талько О.В., Институт проблем материаловедения
им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина*

Один из способов получения материалов с заданными свойствами – создание многофазных сплавов. Многофазные, в том числе двухфазные, сплавы имеют, по сравнению с чистыми металлами и однофазными сплавами, более сложную структуру, которая, как и соответствующие ей свойства материала, зависит от его состава, а также условий тепловой и механической обработки. Определённые комбинации состава и технологических параметров получения материала могут приводить к созданию сплавов с уникальными свойствами.

Отработка состава и свойств материалов является одним из неперемняемых этапов его создания. Процесс отработки проходит по результатам моделирования или экспериментально. Прогнозирование комбинации состава и технологических параметров получения материала производится с помощью диаграмм состояния, а ожидаемых свойств – диаграмм состав-свойство. В этом случае важно проверить, действительно ли созданный материал обладает заложенными в него свойствами. При экспериментальной отработке сопоставляются реальные свойства ряда материалов, полученных при различных комбинациях состава или технологических параметров получения материала. В этом случае использование неразрушающих экспресс-методов

оценки позволяет существенно упростить и удешевить процедуру сопоставления. В обоих случаях для отработки свойств материалов при их создании могут быть использованы акустические методы неразрушающего контроля. Необходимое условие такого использования – наличие функциональной или корреляционной связи между обрабатываемым свойством материала и параметром упругой волны или упругих колебаний.

В качестве примера приведена экспериментальная отработка состава сплава Ti-Sn по результатам измерений скорости распространения упругой волны. Исследовались образцы материалов, изготовленных в Институте проблем материаловедения НАН Украины. Измерения скорости распространения упругой волны проводились импульсным методом в режиме ударного возбуждения пьезопреобразователя при сквозном прозвучивании образцов на частоте 5 МГц. Функциональная связь скорости распространения упругой волны и модулей упругости рассматривалась в рамках теории упругости. По результатам измерений построены диаграммы состав-характеристики упругости, на которых получены точки экстремумов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, двухфазные сплавы, модули упругости, упругая волна, скорость распространения.

УДК 681.2.082

ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ТОНКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ В ПРОЦЕСІ ЇХНЬОГО ОСАДЖЕННЯ У ВАКУУМІ

*Бондаренко М.О., Божко Н.І., Котляр О.В., Куриленко П.І., Черкаський державний
технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Широке практичне використання тонких композиційних покриттів на основі рідкоземельних матеріалів і їхніх композицій в галузях сучасної мікроелектроніки, оптоелектроніки, точного приладобудування, аерокосмічної та атомної промисловості, а також в інших галузях техніки зумовлене специфікою їх властивостей. Це надає можливість значно покращувати фізико-технічні параметри елементів приладів на основі таких покриттів та відкривають перспективи створення елементів нової техніки.

Особливість отримання тонких композиційних покриттів термовакuumним осадженням полягає у необхідності високоточного вимірювання їхньої товщини та однорідності. На сьогодні існує велика кількість приладів для визначення товщини тонких композиційних покриттів в процесі їхнього осадження у вакуумі. Проте, через високу вартість та складність у експлуатації цих приладів, їхнє використання в невеликих аналітично-дослідних лабораторіях не є доцільним.

Тому колективом міжкафедральної навчально-дослідної лабораторії матеріалознавства для вимірювання товщини тонких композиційних покриттів

на основі CuO-BaO з добавками рідкоземельних матеріалів (La, Nd, Gd, Tb, Yb) в процесі термовакuumного осадження був запропонований оригінальний метод вимірювання товщини за допомогою кварцового резонатора. Осадження проводилося у вакуумі 10^{-5} Па на установці ВУП-5. В якості датчика товщини в кварцовому резонаторі використовувалася кварцова пластинка з резонансною частотою 10 МГц. Джерелом живлення генератора виступало стабілізоване джерело живлення Б5-50. Частота вихідного сигналу вимірювалася приладом ЧЗ-34А. Товщина покриття визначалася за формулою:

$$d = \frac{N_g \cdot \rho_g}{\rho_f \cdot f_g^2} \cdot (f_g - f),$$

де $N_g = 1,668 \cdot 10^5$ Гц·см – частотна константа, яка залежить від кристалографічної орієнтації кварцової пластинки; ρ_g , ρ_f – відповідно, питома густина кварцу та плівки, що напильється, г/см³; f_g , f – резонансні частоти кварцової пластини до та після напильювання відповідно.

Таким чином, в ході проведених досліджень було розроблено та апробовано резонансний метод визначення товщини тонких композиційних покриттів безпосередньо в процесі термовакuumного осадження, точність якого складає 3...5% для діапазону товщин покриттів 5...500 нм.

Ключові слова: тонке композиційне покриття, рідкоземельні матеріали, термовакuumне осадження, кварцовий резонатор.

УДК 620.179.16

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ АБСОЛЮТНОЇ ТА ДРОБОВОЇ КОРЕКЦІЇ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Гильова О.А., ¹Еременко В.С., ²Павленко Ж.О., ¹Національний авіаційний університет, г. Киев, Україна; ²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Композиційні матеріали найчастіше формуються одночасно з виробом і є багатошаровими різнорідними структурами, що значно ускладнює проведення їх неруйнівного контролю. Це обумовлює необхідність розробки методик обґрунтованого вибору інформативних ознак та побудови відповідних вирішальних правил. Тому в доповіді запропоновано для побудови вирішувальних правил, що застосовуються при неруйнівному контролі композитів, використати багатопараметрові методи, що базуються на алгоритмах розпізнавання образів.

В доповіді розглянуті методи побудови класифікаторів образів у вигляді розділяючих гіперплощин. Вирішальні функції цих класифікаторів будуються по заданій вибірці образів за допомогою «навчаючих» алгоритмів. Ці алгоритми ґрунтуються на послідовній корекції вагового вектору при

пред'явленні кожного наступного зразка навчаючої сукупності образів. В залежності від методу корекції вагового вектору розглянуто алгоритми абсолютної і дробової корекції, та реалізовано порівняння їх ефективності при розпізнаванні наявності чи відсутності дефекту в зоні контролю композиційного матеріалу, а також при розпізнаванні виду дефекту. Для порівняння ефективності алгоритмів використані експериментальні дані, отримані при неруйнівному контролі стільникових панелей методом низькошвидкісного удару. Запропоновані алгоритми прості в реалізації та не потребують великого об'єму експериментальних даних.

Так як запропоновані алгоритми здійснюють розпізнавання не по одному, а по кількох найбільш інформативних параметрах, в роботі наведено методику для визначення найбільш інформативності параметрів, та визначення їх оптимальної кількості для побудови вирішувального правила.

Результати порівняння алгоритмів абсолютної та дробової корекції вагового вектора показали, що для побудови вирішального правила для виявлення наявності чи відсутності дефекту ефективнішим виявився алгоритм абсолютної корекції, а для розпізнавання виду дефекту – алгоритм дробової корекції. Тому зроблено висновок, що обидва розглянуті алгоритми розпізнавання в просторі ознак можна застосовувати для безеталонної дефектоскопії. В кожному конкретному випадку необхідно здійснити їх аналіз для вибору більш оптимального алгоритму.

Ключові слова: неруйнівний контроль, класифікація образів, алгоритм класифікації.

УДК 620.179.16

КОМПЛЕКСНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОМЕТРИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Давиденко В.Ф., Баженов В.Г., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Разработки НПЦ «ЭХО+» (РФ, г. Москва) [1], предназначенные для УЗК энергетического оборудования АЭС, предусматривают комплексную технологию анализа качества сварных соединений, состоящую из четырёх этапов:

1) традиционный ручной ультразвуковой контроль по нормам, действующим в данной отрасли, предназначенный для обнаружения зон, подозрительных на присутствие дефектов с измерением условных размеров дефектов и оценкой их допустимости;

2) экспертный контроль тех мест, где обнаруженные дефекты признаны недопустимыми, с помощью автоматизированных систем контроля типа «Авгур», позволяющей измерить реальные размеры дефектов: высоту, длину и координаты залегания с получением графических изображений дефектов;

3) результаты контроля в виде реальных размеров дефектов, расстояний между ними и их количества передаются специалистам по прочности, которые принимают решение о пропуске в эксплуатацию или о необходимости ремонта. В случае, когда сварное соединение пропускается в эксплуатацию, оно подлежит обязательному повторному экспертному контролю через срок эксплуатации, назначенный специалистами по прочности;

4) повторный экспертный контроль с помощью системы «Авгур» с определением реальных размеров дефектов и сравнением их с ранее полученными результатами.

Сочетание двух указанных этапов УЗК нуждается в дополнительном обосновании и в их функциональном сближении. Развивающаяся теория ультразвуковой эхо-амплитудной дефектометрии (УЭАД) и полей ультразвуковых эхо-преобразователей [2], а также разработка и внедрение в ЕС и США новых стандартов УЗК с оценками эквивалентных размеров дефектов в сварных соединениях, позволяют удовлетворительно решать задачи дефектометрии для относительно небольших и принципиально не опасных дефектов сварных соединений, выражая их размеры в виде диаметра плоского диска, дающего параметры эхо-сигналов, эквивалентные параметрам эхо-сигналов от реальных дефектов. Реальные дефекты, ориентированные под углом к оси эхо-преобразователя, к которым обычно относятся дефекты типа трещин или непроваров, не могут быть правильно оценены через размер эквивалентного отражателя, который по определению нормален к оси эхо-преобразователя. Кроме того, большие дефекты, площадь которых превышает поперечное сечение поля эхо-преобразователя, также не могут быть точно оценены. Поэтому вполне логичным является разделение функций ручного и автоматизированного УЗК по типам и размерам дефектов, подлежащих измерению.

Кроме того, теория поля эхо-преобразователей, основанная на новой функции ДН, безразмерных укрупнённых параметрах поля, параметрах ближней и дальней зон, учитывающих затухание звука, а также дающая границы эхо-преобразователей, позволит уточнить расчёты погрешностей дефектометрии когерентным методом.

Ключевые слова: дефектометрия, эквивалентный отражатель, контроль.

Литература

1. Баделян В.Г., Вopilкин А.Х., Тихонов Д.С. Новый подход к ультразвуковому неразрушающему автоматизированному контролю ответственных сварных соединений // Контроль. Диагностика. – 1999, №10. – С.23–31.
2. Davidenko V.F. Principles of elementary non-wave theory of field of ultrasonic transducers used for pulse-amplitude defectometry; // Int. J. Materials and Product Technology, Vol. 27, Nos, 3/4, 2006, -P.173-187. Copyright © Inderscience Enterprises Ltd.

УДК 681.518.2

РАЗРАБОТКА И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ

ШТАТНОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА

Шантырь С.В., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Показано, что решение задачи диагностики технического состояния турбоэнергетического агрегата (ТЭА) по результатам наблюдения виброизмерительного сигнала (ВИС) включает три основных этапа.

I этап. Точечная оценка текущего значения сигнального показателя состояния ТЭА в момент времени t_i

$$\alpha_i = \hat{\alpha}_i(\mathbf{R}_j, \mathbf{K}) \pm \Delta \alpha_i(\mathbf{R}_j, \mathbf{K}, P_{\text{дов.}}),$$

где $\hat{\alpha}_i$ - оценка вектора информативных параметров ВИС; $\Delta \alpha_i$ - неопределенность точечной оценки сигнального показателя состояния ТЭА; $\mathbf{R}_j$ - режим работы ТЭА (поскольку время необходимое для точечной оценки много меньше времени релаксации режима работы ТЭА, то значение режима считаем фиксированным); $\mathbf{K}$ - техническое состояние ТЭА; $P_{\text{дов.}}$ - доверительная вероятность.

II этап. Формирование сигнального показателя (образца, эталона) штатного состояния ТЭА

$$\alpha_{\text{э}} = \hat{\alpha}_{\text{штатн.}}(\mathbf{R}) \pm \Delta \alpha_{\text{штатн.}}(\mathbf{R}, P_{\text{дов.}}),$$

где $\Delta \alpha_{\text{штатн.}}$ - метрологическая оценка показателя штатного состояния ТЭА.

III этап. Обнаружение и оценка степени отклонения точечной оценки сигнального показателя состояния ТЭА от эталона (рис.) $\alpha_R^{(\Delta)}(\mathbf{K}) = \hat{\alpha}_R(\mathbf{K}) - \hat{\alpha}_R^{\text{э}}$.

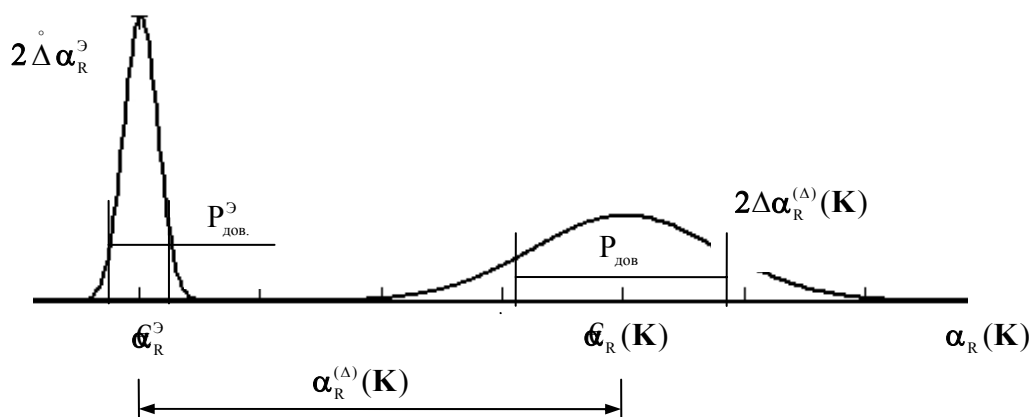


Рис.

В данной работе приведены результаты исследований по II этапу решения задачи диагностики технического состояния ТЭА. Формирование эталона

выполняется путем фильтрации результатов текущих измерений. Неопределенность эталона оценивается по формуле

$$\Delta \alpha = \frac{1}{\frac{\mathcal{E}}{N_0} \Pi_{\mathcal{E}}} k(P_{\text{дов.}}),$$

где $\mathcal{E}$ - энергия регулярной составляющей ВИС; N_0 - спектральная плотность шумовой составляющей ВИС; $\Pi_{\mathcal{E}}$ - эффективная полоса спектра ВИС; k - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности.

Основным показателем качества эталона является его метрологическая оценка. Поскольку время формирования эталона практически неограниченно, то неопределенность практически определяется только лишь метрологическими характеристиками алгоритма.

Созданный алгоритм и его программная реализация обеспечивает сходимость реальной точности к потенциальной.

Ключевые слова: информационно-измерительные системы, мониторинг, диагностика, компьютеризованные системы диагностики.

Литература

1. Shantyr S.V. Intellectual complex of monitoring and diagnostics of machine equipment of thermal power station. International Conference "Sensors and Systems", Saint-Petersburg 2002. / Proceedings, Volume III, 2002, pp. 209-212. ISBN 5-7422-0268-7.

УДК 620.179.16:620.179.17

ВИХІДНИЙ СИГНАЛ ВСП ПРИ КОНТРОЛІ ЗВАРЮВАЛЬНОГО З'ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВОДУ

*Тюпа І.В., Ананьїна М.В., Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків, Україна*

У задачах вихрострумового неруйнівного контролю зварних швів трубопроводов зазвичай доводиться мати справу з складною геометрією і неоднорідністю магнітних і електричних властивостей зварного шва і околшової зони. Ці чинники є перешкодою при виявленні дефектів в стінці труби, тому для оцінки впливу зварного шва на сигнали вихрострумового перетворювача (ВСП) дефектоскопа розроблена математична кінцевоелементна модель труби зі стиковим зварним з'єднанням. В якості кінцевого елемента прийнято елементарне кільце вихрового струму, з подальшим розрахунком суперпозиції елементів наведеного вихрового електромагнітного поля.

На рис.1 показаний ескіз фрагмента труби із зварним швом, яка розбита на елементарні кільцеві струмопроводи, перетин і діаметр котрих відповідає геометрії труби і зварного з'єднання.

Реальні геометричні і електромагнітні параметри зразка описуються в математичній моделі у вигляді активного R_i і індуктивного ωL_i опору окремих

струмопроводів. Магнітна взаємодія зразка з вимірювальної обмоткою дається у вигляді взаємної індуктивності M_{ij} окремих витків зразка з окремими витками вимірювальної обмотки. Подальший розрахунок зводиться до вирішенні системи лінійних алгебраїчних рівнянь (ТОЕ).

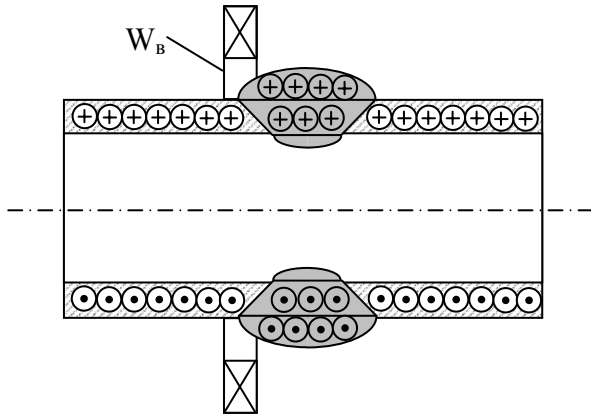


Рис. 1 – Ескіз фрагменту труби

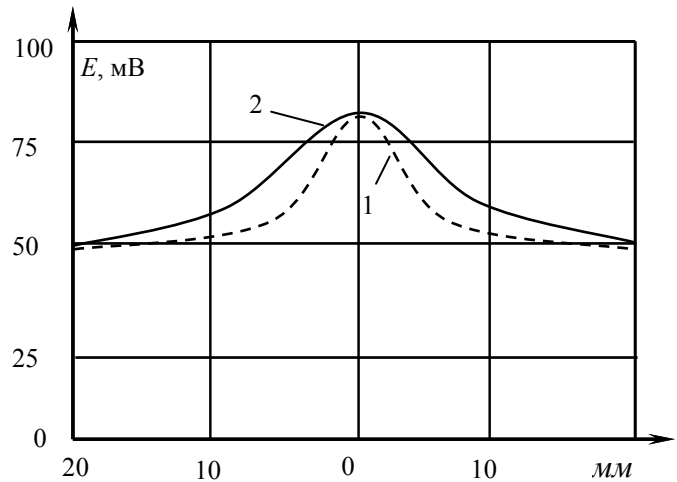


Рис. 2 – Вихідний сигнал ВСП

На графіці рис.2 показаний розрахунковий вихідний сигнал (крива 1) вимірювальної обмотки ВСП і, для порівняння, результати експериментальних досліджень реального зразка (крива 2). З графіків видно, що результати експерименту і розрахунку відрізняються не більше ніж на 10-15%, що підтверджує адекватність прийнятої моделі.

Ключові слова: зварний шов, математична модель ВСП, вихідний сигнал перетворювача, адекватність моделі.

УДК 620.179.16

ПОСТАДИЙНИЙ АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹⁾Безымянный Ю.Г., Евко И.Г., ²⁾Баглюк Г.А., ²⁾Хоменко А.И., ²⁾Луценко Е.В.,

¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; ²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

Порошковая металлургия – одно из перспективных направлений создания материалов с наперед заданными свойствами. Её отличительная особенность – стадийность технологического процесса: формование (превращение порошка под давлением в пористую заготовку), спекание и, возможно, дополнительная горячая или холодная пластическая деформация спеченных заготовок. На каждой стадии формируется определённая структура материала и соответствующие ей свойства. Порошковый материал представляет собой ярко

выраженную структурно-неоднородную пористую среду, в которой ансамбли пор характеризуются разнообразием размеров, форм и областей распределения по объему. В процессе обработки давлением деформация пористых материалов протекает неравномерно по объёму, и на отдельных участках становится необратимой. Одной из главных задач исследований процессов деформации пористых материалов является установление зависимостей распределения макроскопической плотности в объеме пористого тела от давления и кинематических условий деформации. При этом, для анализа локальных макроструктурных изменений в объеме заготовки необходимо обладание информацией на всех стадиях технологии.

Использование акустических методов неразрушающего контроля для исследования закономерностей изменения макроструктурных неоднородностей в результате механических воздействий на пористый объект, вызывающих его пластическую деформацию, основано на возможностях постадийного измерения параметров упругой волны в локальных объемах спрессованных и деформированных после спекания заготовок и связи этих параметров с характеристиками структуры и свойствами материала.

Возможности акустических методов неразрушающего контроля при решении рассматриваемой задачи показаны на примере постадийного контроля процесса получения материала из порошка железа. Исследовали образцы, изготовленные в Институте проблем материаловедения НАН Украины. Измеряли скорость распространения и коэффициент затухания упругой волны в различных участках образцов и разных направлениях.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, спеченные порошковые материалы, формование, спекание, упругая волна, скорость распространения, коэффициент затухания

УДК 621.643:620.191.4

ВИКОРИСТАННЯ ПРОФІЛЮ НАПРУЖЕНОСТІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НАД ПІДЗЕМНИМИ МЕТАЛЕВИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ

Костів Б.В., Кісіль І.С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: zarichna@nuing.edu.ua

Останнім часом для контролю стану ізоляційного покриття підземних металевих трубопроводів все частіше використовують безконтактні методи, суть яких полягає в аналізі зникання струму, наведеного в стінках металевих трубопроводу станцією катодного захисту чи спеціальним генератором.

Для підвищення точності результатів контролю пропонується використовувати профіль горизонтальної складової напруженості магнітного

поля. Значення горизонтальної складової напруженості магнітного поля H_y в кожній точці буде визначатися із залежності:

$$H_y = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{I \cdot z}{z^2 + (y-d)^2}, \quad (1)$$

де I - сила струму, який протікає по стінці трубопроводу, z - глибина залягання трубопроводу, d - відстань по поверхні землі від першої точки вимірюваного профілю до осі трубопроводу.

Таким чином, визначивши профіль горизонтальної складової напруженості магнітного поля над трубопроводом в n точках можна, перетворивши залежність (1), записати n умовних рівнянь при різних значеннях y :

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + a_{i4}x_4 = c_i, \quad (2)$$

де $x_1 = I \cdot z$, $x_2 = z^2$, $x_3 = d$, $x_4 = d^2$, $a_{i1} = 1$, $a_{i2} = -2\pi H_{yi}$, $a_{i3} = 4\pi H_{yi} y_i$, $a_{i4} = -2\pi H_{yi}$, $c_i = 2\pi H_{yi} y_i^2$, $i = 1..n$.

Дані рівняння можна перетворити в систему із 4-х нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (a_{i1}^2) x_1 + \sum_{i=1}^n (a_{i2} \cdot a_{i1}) x_2 + \sum_{i=1}^n (a_{i3} \cdot a_{i1}) x_3 + \sum_{i=1}^n (a_{i4} \cdot a_{i1}) x_4 = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot a_{i1}); \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{i=1}^n (a_{i1} \cdot a_{i4}) x_1 + \sum_{i=1}^n (a_{i2} \cdot a_{i4}) x_2 + \sum_{i=1}^n (a_{i3} \cdot a_{i4}) x_3 + \sum_{i=1}^n (a_{i4}^2) x_4 = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot a_{i4}). \end{cases} \quad (3)$$

Розв'язавши систему рівнянь (3) і знайшовши $x_1 - x_4$ можна визначити I , z , d .

Запропонована методика дозволяє підвищити точність визначення інформаційних параметрів I , z , d за рахунок сукупних багатократних вимірювань. Аналогічно можна підвищити точність контролю двох гальванічно з'єднаних паралельних трубопроводів.

Ключові слова: трубопровід, ізоляція, контроль, підвищення точності.

УДК 620.179.16

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗКОНТАКТНИХ ІМПУЛЬСНО-ФАЗОВИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДВОМІРНОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОВЕРХНЕВИХ НАПРУЖЕНЬ

*Лігоміна С.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут», м. Київ, Україна*

Одним з найбільш перспективних методів для визначення двохосового стану поверхневих напружень є ультразвуковий метод. В основі методу лежить визначення зміни швидкостей розповсюдження хвиль Релея в двох взаємно перпендикулярних напрямках під дією напружень.

Оскільки зміна швидкостей є дуже незначною, виникає проблема підвищення точності вимірювання значень швидкості на реальному об'єкті контролю, яка може бути вирішена застосуванням безконтактних імпульсно-фазових ультразвукових систем.

З метою перевірки запропонованого рішення було створено математичну модель системи.

В результаті проведеного моделювання отримано вирази та побудовано залежності похибки вимірювань поверхневих напружень від частоти та тривалості ультразвукового сигналу, частоти дискретизації системи, кількості розрядів АЦП, досліджено вплив змін зазорів між перетворювачами для різних відношень сигнал-шум.

Отримані на основі моделювання вирази дозволяють оцінити похибку вимірювання з урахуванням вищевказаних факторів та встановити вимоги до обладнання.

Ключові слова: ультразвукова тензометрія, похибка вимірювань, імпульсно-фазовий метод, математичне моделювання

УДК 621.129

ДИСТАНЦІЙНЕ АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЕФЕКТОСКОПУ

Серий К.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Для усунення суб'єктивності контролю, що виконується дефектоскопістом, використовують механічні контактні координатні системи для автоматичного визначення площинних координат вимірювального перетворювача дефектоскопу в процесі сканування поверхні об'єкту контролю та запису у цифровому форматі вихідного сигналу дефектоскопу одночасно з відносними координатами вимірювального перетворювача.

В даній роботі розглянута можливість дистанційного і безконтактного по відношенню до перетворювача дефектоскопу визначення його просторових координат з допомогою двох оптичних систем з двовірними фотоперетворювачами типу ПЗЗ у фокальних площинах об'єктивів.

Координати власне вимірювального перетворювача визначаються за положеннями проєкцій центрів точкових джерел світла на кожній ПЗЗ відносно їх власної системи координат з початком відліку у центрі ПЗЗ. Точкові джерела світла встановлюються на осі вимірювального перетворювача на допоміжному видовженні його корпусу на заданих відстанях одне від одного та від перетворювача.

Розглянемо принцип визначення координат з допомогою оптичних камер з розташуванням ПЗЗ в одній площині для випадку сканування плоских поверхонь об'єкту контролю (Рис.1).

В схемі, що розглядається, a_1, b_1 координати центра розмитої проекції точкового джерела світла на ПЗЗ матриці камери 1 і аналогічно a_2, b_2 - подібні координати на ПЗЗ матриці 2. Кути α, β знаходимо, як:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \arctg \left(\frac{b_1}{F_1} \right), \beta = \frac{\pi}{2} - \arctg \left(\frac{b_2}{F_1} \right)$$

Координати X, Y точкового джерела світла, які відповідають координатам вимірювального перетворювача, находимо з системи рівнянь:

$$Y_p = X_p \cdot \tg \alpha$$

$$Y_p = (B - X_p) \cdot \tg \beta$$

При цьому координати X, Y становлять:

$$X_p = \frac{B \cdot \tg \beta}{\tg \alpha + \tg \beta}; Y_p = \frac{B \cdot \tg \alpha \cdot \tg \beta}{\tg \alpha + \tg \beta}$$

Координату Z знаходимо з подібності трикутників зі сторонами $a_1, \sqrt{F_1^2 + b_1^2}$ та $Z_{\text{дж}}, \sqrt{X_p^2 + Y_p^2}$:

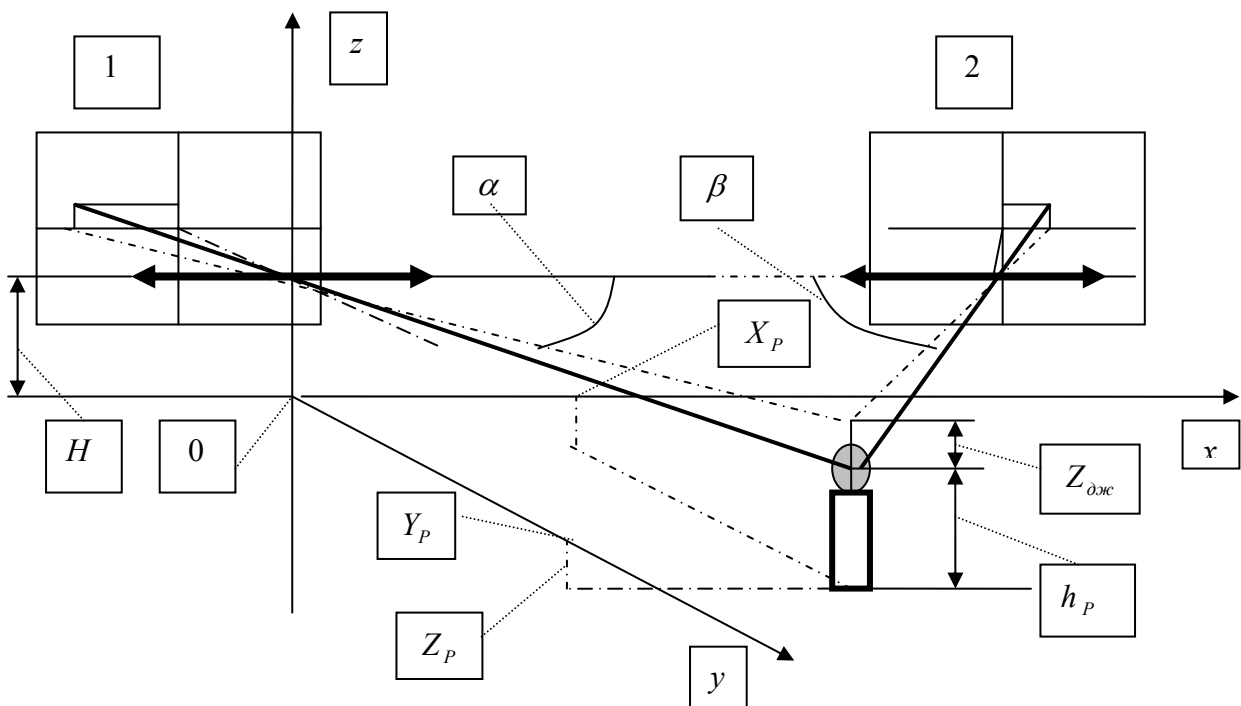


Рис.1. Принцип визначення координат з використанням оптичних камер з фотоперетворювачами типу ПЗЗ.

$$Z_{\text{дж}} = -\frac{a_1 \sqrt{X_p^2 + Y_p^2}}{\sqrt{F_1^2 + b_1^2}} = \frac{a_1 B \cdot \tg \beta \sqrt{1 - \tg^2 \alpha}}{(\tg \alpha + \tg \beta) \sqrt{F_1^2 + b_1^2}} \quad (5.10)$$

Для прикладу визначимо похибку визначення координат для випадку ординати $Y=1$ м, $X=0,7$ м. (фокусна відстань об'єктивів – 30 мм).

При дискретності ПЗЗ оптичних камер рівній 100 пікселів на один міліметр при похибці встановлення центру розмитої оптичної проекції в один піксель ($b' = b \pm 0,01$) маємо неточне визначення ординати Y точкового джерела:

$$\gamma = Y - Y' = \frac{XF}{b} - \frac{XF}{b'} = 1,3 \cdot 10^{-3} \rightarrow 0,13\%,$$

Ключові слова: дефектоскоп, відносні координати, перетворювач.

Література

1. Маєвський С.М., Серий К.М. / Автоматизація визначення координат для документування результатів неруйнівного контролю при ручному скануванні // Методи та прилади контролю якості. Івано-Франківськ: 2002, №9. – С.18–20.

УДК 621.129

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОГРАФІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ІНФОРМАЦІЇ В УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

*Маєвський С.М., Попов О., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В даній роботі досліджується ультразвукова голографічна система з точковим збудником радіоімпульсних коливань в матеріалі контрольованого об'єкту та дискретним двохмірним приймачем луносигналу (рис.1).

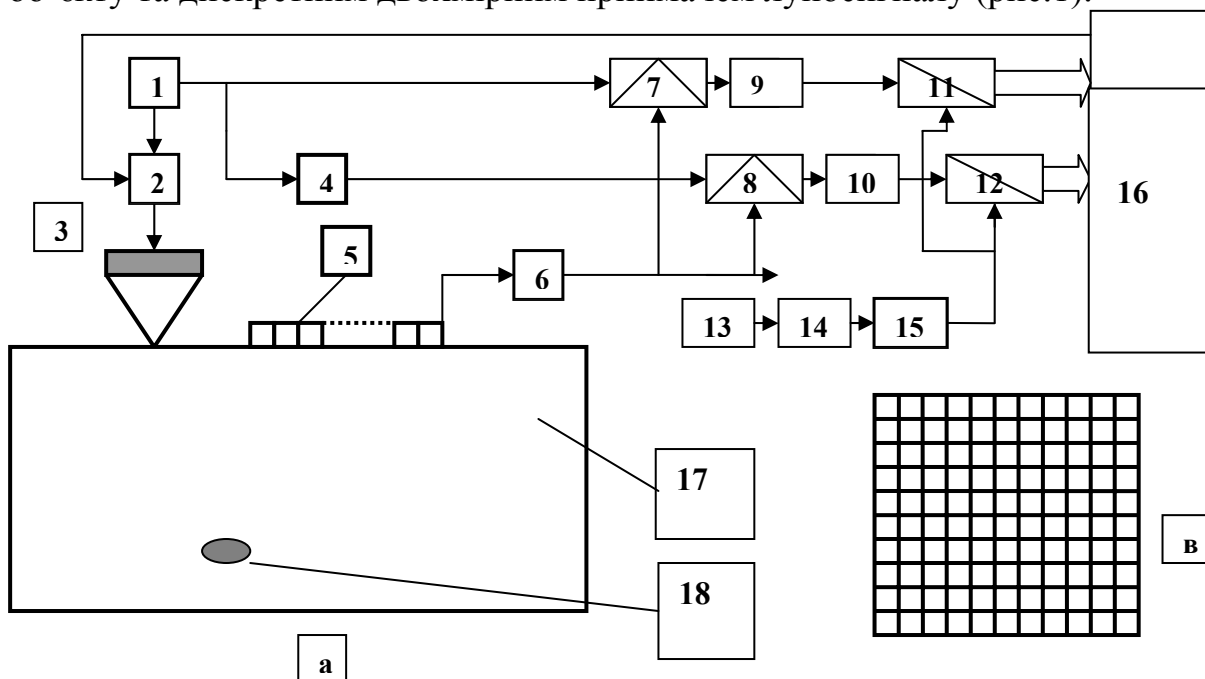


Рис.1. Схема голографічного дефектоскопу на прикладі роботи вимірювального тракту одного елемента ґратки п'єзоелектричного приймача коливань луносигналу: а – функціональна схема роботи одного приймального тракту системи; в – вид приймального ультразвукового перетворювача.

Радіоімпульсне збудження коливань в об'єкті контролю відбувається шляхом подачі на перетворювач 3 радіоімпульсного коливання генератору 1 на

час відкривання ключа 2. Коливання ультразвукового перетворювача 3 відтворюють з допомогою концентратора в матеріалі об'єкту контролю 17 коливання з сферичною діаграмою направленості.

На схемі рис.1 показано лише один з трактів обробки вихідного радіоімпульсного сигналу на виході одного з елементів приймальної ґратки з загальним числом таких елементів N^2 . В момент надходження луносигналу на виході фазового детектора 7, 8 з фільтром 9,10 імпульс постійної напруги має значення:

$$U_1 = kU_m \sin \varphi; \quad U_2 = kU_m \cos \varphi$$

Над цифровими кодами сигналів U_1, U_2 програмно виконуються дії направлені на визначення фазового зсуву і амплітуди прийнятого сигналу:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{U_1}{U_2}\right) \text{ рад.} \quad U_m = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

Над цифровими кодами сигналів U_1, U_2 програмно виконуються дії направлені на визначення фазового зсуву і амплітуди прийнятого сигналу:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{U_1}{U_2}\right) \text{ рад.} \quad U_m = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

Після виконання зазначених вище перетворень на вихідними сигналами на виходах всіх елементів двохмірної ґратки, дискретність якої становить значення половини довжини акустичної хвилі у середовищі об'єкту контролю, в значеннях виміряних фазових зсувів отримуємо дискретне вираження фазового фронту луносигналу в апертурі положення приймальної ґратки. Виконуючи лінійну інтерполяцію над значеннями визначених фазових зсувів для кожного з елементів ґратки з дискретністю $(0 \pm \pi/2)$ рад та $(\pi \pm \pi/2)$ рад отримаємо зображення акустичної інтерференційної картини, що несе повну інформацію про фазовий фронт коливань луносигналу для даного ракурсу прийому цих коливань.

Отримане цифрове представлення інтерференційної картини дозволяє виконувати програмне відновлення голографічного зображення поверхні неоднорідності середовища, що викликало появу луносигналу. Проте й сама інтерференційна картина є достатньо інформативною, щоб представити згадану поверхню.

Ключові слова: голографічні перетворення інформації, ультразвукова дефектоскопія.

Література

1. A.S.Birks, R.E.Green. Nondestructive Testing Handbook. Vol.7. – Ultrasonic Testing. A.S.N.D.T. 1991. - p.794.

УДК 622.24.05-519

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ АКУСТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, ЩО ГЕНЕРУЮТЬСЯ П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ, ДЛЯ УТВОРЕННЯ СПРЯМОВАНОЇ ХВИЛІ

*Лютак І.З., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Одним із найбільш перспективних напрямків розвитку акустичного неруйнівного контролю є розробка нових методів, що базуються на спрямованих ультразвукових хвилях. Перевагами спрямованих ультразвукових хвиль є їх здатність поширюватись на значні відстані без загасання амплітуди хвилі, що дозволяє створити методи, які можуть контролювати об'єкт не точково а на певному відрізку (інтегрально). Одним із критичних етапів є забезпечення максимального вводу акустичної енергії, що дозволить збільшити відстань на об'єкті для контролю. Кількість енергії, що проходить в металеву пластину T можна обчислити так [1]:

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{4} \left(Z_{12} - \frac{1}{Z_{12}} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi f d}{C} \right)}}$$

де Z_{12} – відношення імпедансів двох середовищ, f – частота, C – швидкість хвилі, d – товщина пластини.

Результати розрахунку для середовищ кварц – сталь та вода – сталь показано на рис. 1.

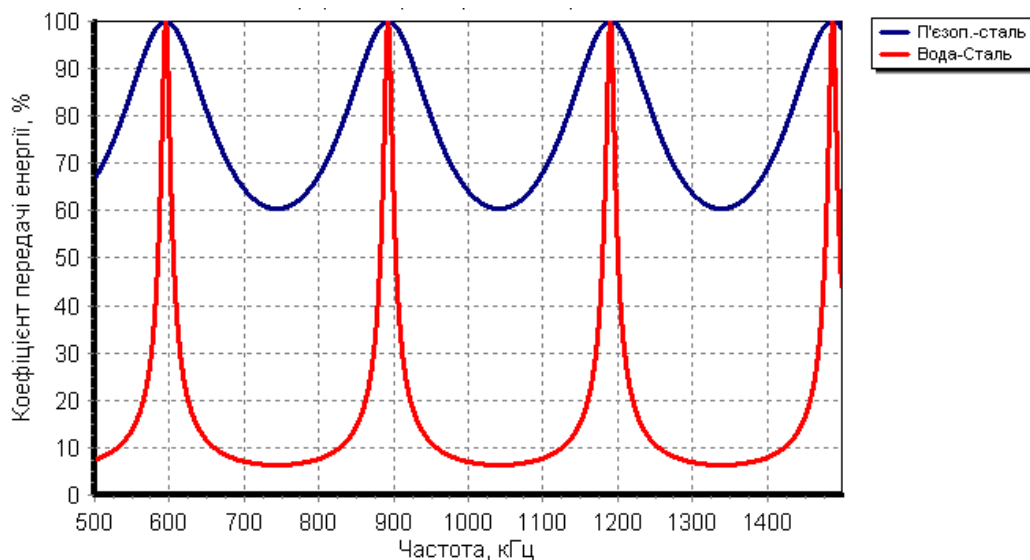


Рис. Коефіцієнт перетворення акустичної енергії

Як видно із рис.1, коефіцієнт передачі енергії має локальні максимуми, що дозволяє ефективно генерувати акустичну хвилю.

Ключові слова: ультразвук, моделювання, неруйнівний контроль.

Література

1. Krautkramer J. and Krautkramer H. Ultrasonic Testing of Materials, 4th Ed.: Springer-Verlag.- 1990.- 667 p.

УДК 620.179.16

ОЦЕНКА СВОЙСТВ МНОГОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

¹⁾Безымянный Ю.Г., ¹⁾Богдан Г.А., ²⁾Комаров К.А., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина;
²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

Многофазные материалы широко используются в технике. Их получают по различным технологиям. При этом, как правило, добиваются создания развитой структуры с целью обеспечения наперед заданных свойств материала. У созданного материала необходимо провести оценку полученных свойств, по результатам которой отрабатывают технологию изготовления материала. Для такой оценки могут быть использованы методы неразрушающего контроля. Поскольку эти методы косвенные, то необходимым условием их применения является наличие функциональной или корреляционной связи между исследуемым свойством материала и измеряемым параметром. Решению этой задачи контроля с помощью акустических методов состоит в отображении в рамках выбранной механической модели с помощью параметров акустического поля посредством корреляционной зависимости искомого свойства материала.

Чем сложнее структура материала, тем больше факторов влияют на измеряемую акустическую величину, маскируя искомую корреляцию. Поэтому основные проблемы при решении рассматриваемой задачи связаны с выявлением и использованием этой корреляции. Механическое поведение многофазного изотропного твёрдого тела полностью определяется четырьмя параметрами упругой волны, например, двумя различными эффективными скоростями распространения и двумя соответствующими эффективными коэффициентами затухания упругих волн. Значение каждого из этих параметров можно представить как функцию от свойств фаз, границ между ними, дефектности и т.д. Тогда решение рассматриваемой проблемы заключается в выборе параметров упругой волны, наиболее эффективно связанных с характеристиками исследуемого свойства материала и позволяющих его диагностировать. Условия измерений должны обеспечивать наибольшую чувствительность измеряемого параметра к искомому свойству материала.

В качестве примеров использования рассматриваемого подхода приведены результаты оценки свойств некоторых многофазных материалов, разработанных в Институте проблем материаловедения НАН Украины.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, структура, многофазные материалы, упругая волна, продольные колебания, поперечные колебания, скорость распространения, коэффициент затухания, упругость.

УДК 621.317

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ МР СЕНСОРІВ

Баженов В.Г., Гльойнік К.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Вимірювання слабких магнітних полів знаходять все більше застосування. У наш час найкращі характеристики для вимірювання слабких полів забезпечують так звані квантові магнітometri. Поширені також ферозондові магнітometri, які використовують у діапазоні 10^{-10} - 10^{-2} Тл. Але найбільшу цікавість викликає порівняно новий клас магнітметрів, створених на базі магніторезистивних сенсорів. Основними перевагами яких є: Дуже малі розміри сенсора та споживання енергії; Чутливість на рівні ферозондів.

Все це робить МР сенсори незамінними при проектуванні малогабаритних приладів. Але досягти таких високих показників у спроектованому приладі не просто. Для реєстрації МП Землі нами запропонована структурна схема Рис.1.

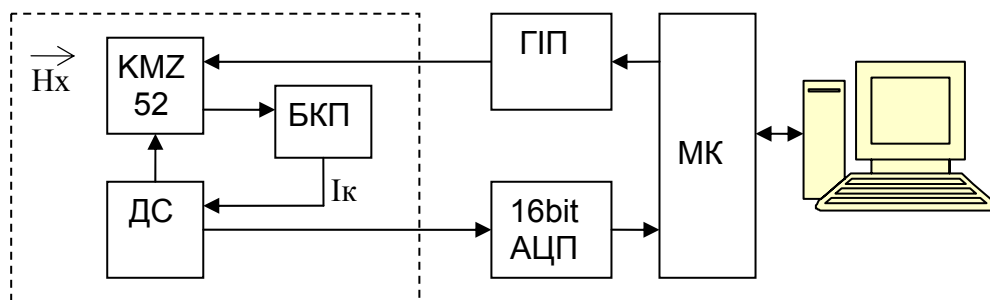


Рис.1. Структурна схема магнітметра

Особенностью предложенной схемы является то, что она использует два прогрессивных метода повышения чувствительности – метод квазимодуляции, та компенсацию расхождения температурной чувствительности методом обратного электромагнитного зв'язку.

Методика квазимодуляции не только стабилизирует сенсор, но также устраняет эффект зсува. Если МР сенсор поместить в зону реверсивного внешнего магнитного поля, полярность предварительного намагничивания (M_x) смужок

датчика може бути «перегорнута» між двома вихідними характеристиками. Це реверсивне магнітне поле може бути легко отримане за допомогою додаткової котушки. Залежно від напрямку імпульсів струму через обмотку, будуть сформовані позитивні й негативні перемикання поля. Переворот вихідного сигналу, викликаний зміною полярності датчика, використовується для розділення зсуву й вимірюваного сигналу. На схемі за цей ефект відповідає генератор імпульсів перемагнічення ГПП.

МП Землі впливає на магніторезистивний датчик. У результаті цього впливу з'являється напруга, яка подається на блок компенсації поля БКП, який виробляє компенсуючий струм I_k . Струм проходить через датчик струму ДС на компенсуючу обмотку датчика. В результаті сумарне МП, створене МП Землі та током компенсуючої котушки наближається до нуля. Далі інформація про силу МП Землі знімається за допомогою сігма-дельта АЦП із розрядністю 16 bit. Така розрядність дозволяє реєструвати зміни МП Землі на рівні одиниць нТл.

Ключові слова: Вимірювання; магнітні поля; слабкі поля; магніторезистивний сенсор; квазімодуляція; компенсація.

УДК 621.315.592

ЕФЕКТ САМООРГАНІЗАЦІЇ ДЕФЕКТІВ В ОПРОМІНЕНОМУ ФОСФІДІ ГАЛІЮ

*Тартачник В.П., Павленко Ж.О., Григор'євих А.О., Литвин О.С., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна;
Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна*

Використання проникаючої радіації з метою формування наноструктур у напівпровідникових кристалах – перспективний напрямок у сучасному приладобудуванні. З допомогою прискорених часток у зразку можна створювати надгратки потрібної конфігурації, квантові дроти, квантові точки та ін. Зручність застосування радіаційних потоків, як технологічного інструмента, полягає у можливості плавної зміни глибини проникнення в об'єкт, точного регулювання дози, введення дефектів чи домішок при будь-яких температурах, стерильності процесу.

Фосфід Галію – матеріал, на основі якого виготовляються світлодіодні джерела світла видимого діапазону. Найефективнішими є багатошарові випромінювачі, концентрацію носіїв струму в яких можна регулювати опроміненням. Відомо, що у нерівноважних системах – опромінених зразках, спостерігаються ефекти самоорганізації, під впливом яких відбувається самовпорядкування структур.

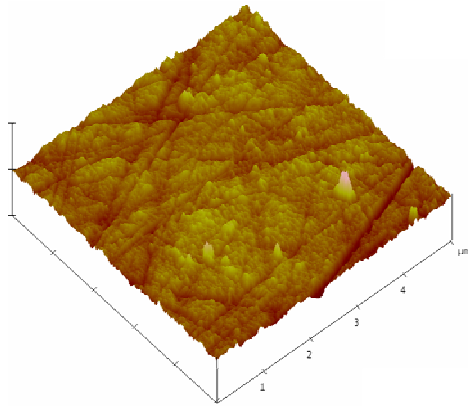


Рис.1 а

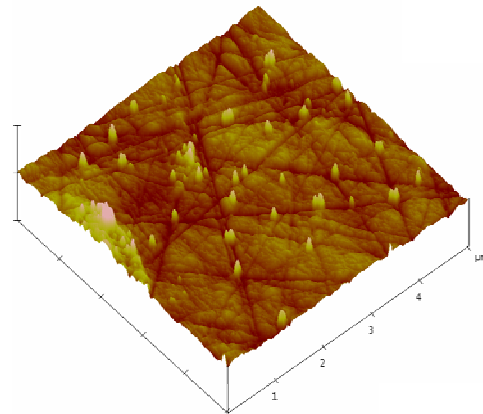


Рис.1 б

У поданій роботі ми спробували виявити подібні явища у монокристалах GaP, опромінених α -частинками з $E=80$ MeV, $\Phi=10^{17}$ см⁻². Дослідження поверхні пластини GaP проводилось комплексом АСМ(атомний силовий мікроскоп). На рис.1 зображено елемент поверхні вихідного(а) та опроміненого(б) зразка GaP. Видно, що в результаті опромінення у ньому сформувались пірамідальні нанокластери з неоднорідним розподілом по поверхні, які нагадують масиви скупчень дефектів. Оскільки введення порушень структури при опроміненні було однорідним, такі локальні утворення могли виникнути лише внаслідок міграції первинно введених пошкоджень при радіаційній обробці. Виявлений ефект не може бути обумовлений пострадіаційною релаксацією кристала – пошкодження точкового типу у GaP стабільні при кімнатній температурі.

Ключові слова:

УДК 620.179.14

ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ СТРИЖНІВ

Ноздрачова К.Л., Сучков Г.М., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Розроблено метод, який дозволяє підвищити надійність виявлення дефектів пакетами об'ємних хвиль. З його допомогою можна виявляти внутрішні дефекти поздовжнього типу в стрижнях незалежно від їхнього розташування в перетині, їх форми та матеріалу заповнення за допомогою використання ефектів дифракції. Перевірка методу проводилася суміщенням ЕМА перетворювачем (рис. 1) який повторює форму стрижня з урахуванням товщини захисного протектора та має «зигзагоподібну» форму індуктора [1]. Котушка живиться струмом з частотою 1,5 МГц, а її конструкція забезпечує збудження об'ємних коливань під кутом близько 37°.

Ультразвукові проміні розповсюджуються переважно у напрямку нормально провідникам робочої частини «зигзагоподібної» ділянки ЕМА перетворювача, якою є довга його частина. Збуджені в виробі пакети імпульсів розповсюджуються вздовж стрижня, збільшуючи з кожним відбиттям кількість імпульсів в ультразвуковому пакеті. При наявності в виробі поверхневого або внутрішнього дефекту імпульси пакету дифрагують на ньому. Дифраговані імпульси в вигляді пакету повертаються до ЕМАП та реєструються на екрані осцилографу, рис. 2.

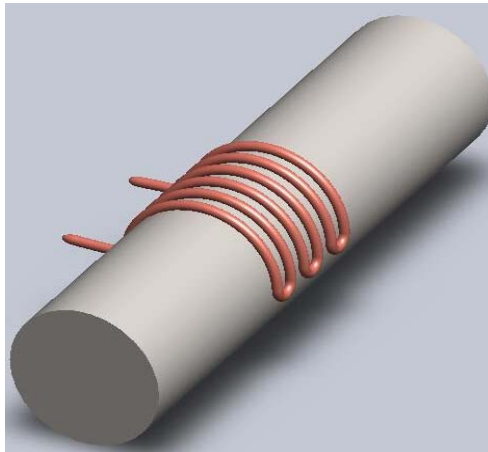


Рис. 1 – Високочастотний індуктор для контролю стрижнів

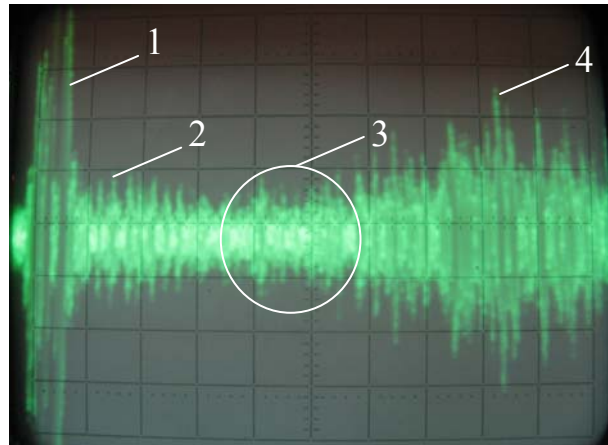


Рис. 2 – Реалізація на екрані осцилографу з сигналами від дефектів в стрижні довжиною 2 м: 1 – зондуючий імпульс; 2 – імпульс від дефекту у вигляді поперечного пропилю глибиною 3 мм; 3 – імпульс від дефекту у вигляді свердління глибиною 3 мм; 4 – імпульс від торця стрижня

Ключові слова: ЕМА перетворювач, дифракція, об'ємні хвилі.

Література

1. Сучков Г.М. и др. Экспериментальное исследование чувствительности ЭМА преобразователей при дефектоскопии объемными сдвиговыми волнами // Дефектоскопия. – Екатеринбург, 2000, №2. – С. 12–16.