

Рисунок 2 – Зависимость амплитуды сигнала оптоэлектронного канала от угла между центральной осью датчика и нормалью восстановленной к контролируемой поверхности

Ширина сектора, в котором амплитуда сигнала оптоэлектронного канала изменяется не более чем 0,7 раз, составляет около 20 градусов.

Список использованных источников

1. Данилин, А. И. Схемотехнические особенности получения автодинного сигнала в преобразователях параметров перемещений элементов вращающихся узлов турбоагрегатов/ А.И. Данилин, А.А. Грецов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. – 2014. – №2 (44). – С. 30-34.

2. Грецов, А.А. Результаты экспериментального исследования доплеровского преобразователя перемещений / А.А. Грецов, У.В. Бояркина, А.Р. Вахитов // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 18-20 мая 2016 г.) / под ред. А.И. Данилина. – Самара: ООО «Офорт», 2016. – С. 61-63.

УДК 620.179.14; 621.3.014.4

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЕФЕКТОСКОПИИ И СТРУКТОСКОПИИ

Д.А. Ворох, Я.А. Иванова
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время проводятся исследования свойств и характеристик материалов, используемых в машиностроительной и космической отраслях,

для обеспечения высокого качества изделий. Довольно часто применяются методы бесконтактного контроля изделий, одним из которых является вихретоковый метод неразрушающего контроля, позволяющий изучать объект контроля, в процессе эксплуатации [1].

Вихретоковый метод используется для решения следующих задач [2]:

1. Обнаружение металлических предметов (вихретоковые металлоискатели)
2. Измерения геометрических размеров (вихретоковые толщиномеры);
3. Дефектоскопия;
4. Структуроскопия (контроль химического состава, качества обработки и пр.).

В рамках дефектоскопии наиболее распространенными среди эксплуатационных дефектов являются коррозионные повреждения, причем глубина повреждения варьируется от долей миллиметров до сквозных отверстий и трещины. Трещины хорошо выявляются вихретоковым методом НК, даже при сильно корродированной поверхности ОК.

Основными факторами, связанными с возможностью выявления трещин являются [3]:

- изменение электропроводности материала при наличии поверхностных и подповерхностных трещин на глубине проникновения вихревых токов в материале
- наличие дефектной зоны с измененной электропроводностью ниже трещины
- характеристики оборудования, включая ширину поля чувствительного элемента (ВПП)

Дефектоскопия слоистых композитов применяется для нахождения нарушений сплошности металлического слоя, контроля количества и толщины слоев, нахождения перемычек между слоями или анализа поверхности металлического слоя. Основной характеристикой, чувствительной к данным дефектам, является величина локальной электропроводности материала и ее распределение по поверхности каждого слоя.

В отличие от дефектоскопии, которая связана с выявлением и оценкой параметров уже существующих дефектов в материалах и изделиях, структуроскопия занимается оценкой структурных и физико-механических характеристик материалов и выявлением таких их изменений, которые предшествуют возникновению дефектов, т. е. позволяет прогнозировать преддефектные состояния.

С помощью вихретоковой структуроскопии ферромагнитных материалов решают следующие проблемы, связанные со структурой поверхностных слоев: сортировка материалов и сплавов по маркам, выявление неоднородных по структуре зон, оценка глубины и упрочненных слоев после химико-термической и поверхностной

обработок, контроль правильности выполнения термической и механической обработок, выявление мест коррозионных повреждений.

Современная электромагнитная структуроскопия конструкционных материалов представлена двумя основными направлениями:

1. Вихретоковой структуроскопией, которая предназначена для оценки структурных и механических характеристик ферромагнитных металлов и сплавов путем измерения удельной электрической проводимости (УЭП);

2. Магнитной структуроскопией ферромагнитных материалов на основе измерения коэрцитивной силы.

Главным достоинством вихретокового контроля является возможность разработки преобразователей с частотой тока возбуждения от десятков герц до десятков мегагерц для измерения толщины покрытий в диапазоне от единиц микрометров до десятков миллиметров с возможностью подавления влияния зазора между преобразователем и покрытием, шероховатости покрытия и основания [4].

На рисунке 1 приведен годограф параметрического вихретокового преобразователя (ВТП) в комплексной плоскости (годограф) от изменений УЭП, рабочей частоты и зазора между ВТП и поверхностью объекта контроля.

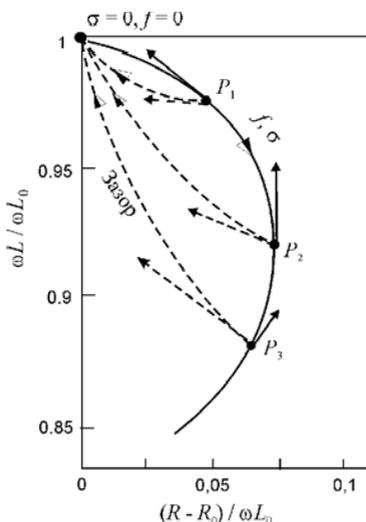


Рисунок 1- Типичная зависимость сопротивления ВТП от удельной электропроводности, зазора и рабочей частоты

Анализ годографов ВТП показывает, что максимальная чувствительность к УЭП наблюдается, когда внесенные значения действительной составляющей импеданса являются максимальными [4].

С увеличением рабочей частоты чувствительность к изменениям УЭП уменьшается, а чувствительность с увеличением рабочей частоты чувствительность к изменениям УЭП уменьшается, а чувствительность к зазору увеличивается. Это иллюстрируется размерами стрелок, которые определяют направление увеличения зазора (пунктирные стрелки) и уменьшения УЭП (сплошные стрелки) соответственно в рабочих точках P1 и P2. Главной проблемой, которую приходится решать при вихретоковых измерениях УЭП, является отстройка от влияния зазора. Поэтому выбор рабочей точки на годографе сигнала ВТП определяется, в основном, исходя из данного соображения [5].

Глубина проникновения поля в толщу проводника определяется как

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot f}} = \frac{10^3}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\sigma \cdot f \cdot \mu}}.$$

Условная глубина не зависит от величины магнитного потока (геометрии возбуждающей катушки, наличия сердечника, зазора между катушкой и объектом и т.п.). С увеличением частоты возбуждения глубина проникновения вихревых токов уменьшается. Вихревые токи выталкиваются к поверхности объекта. Такой же эффект наблюдается при возбуждении вихревых токов в ферромагнитных материалах (конструкционных сталях), у которых влияние магнитной проницаемости на глубину проникновения во много раз больше чем влияние удельной электрической проводимости, как правило меньшей чем у меди, алюминия и сплавов на их основе.

Это связано с тем фактором, что магнитная проницаемость (при контроле ферромагнитных материалов), связанная с их намагниченностью, может изменяться в широких пределах, в то время как удельная электропроводность изменяется незначительно [2].

Таким образом, зная магнитную проницаемость и удельную электрическую проводимость контролируемого металла можно подобрать частоту возбуждающего тока и радиус преобразователя, которые обеспечат наилучшую чувствительность к контролю требуемого параметра и минимизируют влияние мешающих факторов.

Список использованных источников:

1. Ворох Д.А., Иванова Я.А. Эквивалентная схема мостового вихретокового преобразователя//Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 16- 18мая 2017г) Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 58-60.
2. Власов К.В., Бобров А.Л. Основы вихретокового неразрушающего контроля. Учебное пособие. — Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2015-54с.

3. Портер А.М., Букастый С.А., Лешин Д.П., Васильчук М.В., Галицкий А.А.. Дефектоскопия усталостных трещин в деталях ГТД вихретоковым методом // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета).2012.-196-202 с.

4. Д.А. Ворох, А.И. Данилин, У.В. Бояркина. Синхронный детектор для мостового вихретокового преобразователя // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 4. С. 167-170

5. Голубев С.С. Смирнова Н.И. Метрологическое обеспечение бесконтактных методов измерения толщины покрытий // В мире неразрушающего контроля. – 2017. –Том 20 №1. – С. 10-15.

6. Назарчук З.Т., Рыбанчук В.Г., Учанин В.Н.. Электромагнитная структуроскопия конструкционных материалов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні №1-2011г. – 8-16 с.

УДК 621.3

ФОРМА НАВЕДЕННОГО ИМПУЛЬСА С ДАТЧИКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МИКРОЧАСТИЦ

А.М. Телегин

Самарский университет, г. Самара

Изучение параметров микрометеороидов и частиц космического мусора в космическом пространстве является интересной и актуальной задачей, которой занимаются исследователи по всему миру. Разработанный нами датчик представляет собой систему плоскопараллельных электродов, при этом каждый нечетный электрод соединен с напряжением -200В , а четный электрод с напряжением 0В [1]. В процессе измерения высокоскоростных микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора), микрочастица пролетает через параллельные электроды и наводит на них определенный заряд согласно теореме Рамо-Шокли [2].

Была разработана программа для вычисления наведенного потенциала в представленном датчике. Результаты расчета наведенного импульса представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 изображено 9 различных случаев:

1) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами;

2) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,9D$ (где D – расстояние между электродами) от нулевого электрода;

3) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,7D$ от нулевого электрода;