

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ УГЛЕПЛАСТИКА НАКЛАДНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

© 2024 г. Алексей Леонидович Бобров^{1*}, Е. А. Куклина^{1**}

¹ – ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049

Новосибирск, улица Дуси Ковальчук, 191

* - acndt@mail.ru; ** - e.kyklina@mail.ru

Широкое распространение композиционных материалов предопределяет развитие методов и средств контроля их качества. Учитывая, что часть композиционных материалов изготавливают на основе углеродных волокон, которые являются проводниками, в последние годы активно используется вихретоковый вид неразрушающего контроля [1-3], в том числе для поиска дефектов.

Традиционно к дефектам углепластиков относят и несплошности макроскопического масштаба, и микродефекты, вплоть до нарушений кристаллического строения [4]. Поэтому для наиболее качественного выявления несплошностей и неоднородностей в углепластиках крайне необходимо определить максимальную чувствительность к разным типам и размерам разных дефектных структур.

В данной работе проведены исследования чувствительности абсолютных трансформаторных накладных вихретоковых преобразователей к макронеплошностям в углепластиках типа АСМ102, так как нарушения сплошности волоконной основы углепластиков приводят к снижению их прочностных свойств.

Для исследований в углепластиковых панелях толщиной 3 мм были сделаны искусственные дефекты: три пропила шириной 0,2 мм и глубиной 0,5, 1,5 и 2,5 мм. Протяженность пропилов 10...15 мм. Также был симитирован локальный дефект нарушения сетки углеродного волокна путем сквозной засверловки диаметром 2 мм.

Учитывая относительно невысокую электрическую проводимость матрицы углеродного волокна, для повышения чувствительности необходима относительно высокая частота генерируемых возбуждающей обмоткой. Анализ годографа вносимого напряжения на измерительной обмотке показал, что наибольшую чувствительность к дефектам всех приведенных типов наблюдали на частоте 300...350 кГц.

Измерения вносимого напряжения показали, что чувствительность к плоским дефектам глубиной 1,5 и 2,5 мм, а также цилиндрическому локальному дефекту примерно одинаковая, а к дефекту глубиной 0,5 мм – в три раза меньше. Это можно объяснить тем, что для более глубоких дефектов углеродное волокно повреждено насквозь, а в случае нарушения сплошности глубиной 0,5 мм нарушены связи только части углеродных волокон. Характерно, что основные мешающие факторы, такие как зазор, приближение к краю изделия приводят к отклонению вносимого напряжения в направлении,

перпендикулярном направлении отклонения, связанному с нарушением сплошности материала. При этом увеличение чувствительности выше 320...350 кГц практически не приводит к изменению значения угла направления изменения вносимого напряжения между приведенными мешающими параметрами и измеряемым сигналом от несплошностей. Вместе с тем влияние отклонения преобразователя от нормали к поверхности неоднозначно и, видимо, зависит от распределения и направления углеродных волокон в матрице относительно наклона преобразователя. Уменьшить это влияние можно многократным сканированием участка или использованием стабилизирующих датчик фиксаторов в нормальном положении.

Дополнительную сложность в контроль вносят такие факторы, как направление плетения углеродной матрицы, что приводит к нестабильности сигнала и требует динамического режима отстройки от помех. Такое влияние было подтверждено при дополнительных исследованиях непосредственно на углеродном волокне, без эпоксидного связующего.

Еще одной особенностью контроля углепластика стала относительно большое отклонение сигнала при изменении геометрии проводящего материала на контролируемой панели, к которым можно отнести край изделия, угловые участки, места таврового сопряжения. Так, краевой эффект возникает на расстоянии более 5 диаметров обмотки преобразователя, и на всех частотах это расстояние примерно одинаково.

Проведение контроля с полученными характеристиками показало в трех проконтролированных панелях наличие только точечных отклонений вносимого напряжения, аналогичное тому, которое происходит при пересечении искусственных дефектов. Малые отклонения траектории не позволяют идентифицировать дефект, что требует малого шага сканирования – менее 2 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Саяхов И.Ф.* Диагностика композитных материалов в электрических машинах // *Электротехнические системы и комплексы*. 2019. № 2 (43). С. 65—69.
2. *Михеев П.В., Бухаров С.В., Лебедев А.К., Сундер Р.* Неразрушающий контроль полимерных композиционных материалов методом вихретоковой дефектоскопии в процессе циклического нагружения // *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2023. № 11 (143).
3. *Jun Ch., Xiaojuan X., Hongli J., Jinhao Q.* Research advances in eddy current testing for maintenance of carbon fiber reinforced plastic composites // *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 2016. V. 51(3). P. 261—284.
4. *Карташова Е.Д., Муйземнек А.Ю.* Технологические дефекты полимерных слоистых композиционных материалов // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*. 2017. № 2 (42). С. 79—89.