

АНАЛИЗ СИГНАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

© И. Н. Антонюк, В. С. Хандецкий

Дніпропетровський державний університет

Описано два методи розпізнавання та класифікації сигналів дефектів та перешкод, що виникають у процесі неруйнівного контролю вуглецевомісних композиційних матеріалів. Зміна відстані між вихреструмовим перетворювачем та поверхнею тестованого матеріалу, випадкові перекоси датчика під час сканування формують імпульси перешкод, які часто перевищують сигнал дефекту. Отримані результати дозволяють провести корекцію цих факторів та значно покращити надійність дефектоскопії.

Углеродсодержащие композитные материалы находят широкое применение в конструкциях аэрокосмической техники благодаря своим уникальным физико-механическим свойствам. С использованием различных алгоритмов, в настоящее время исследуются методы распознавания и классификации дефектов и помех, возникающих в процессе неразрушающего контроля композитов при вихретоковой дефектоскопии. Перемещая датчик с сосредоточенным полем (магнитным или электрическим) по поверхности контролируемого изделия, мы получаем сигналы об изменении свойств, структуры материала, наличия дефектов сплошности в зоне контроля, т. е. в области, где сосредоточена основная энергия зондирующего поля. Наличие локализованного дефекта сплошности типа трещины приводит к появлению так называемого модуляционного импульса (сигнал 1-го типа), который хорошо описывается гауссовой кривой

$$y = k \exp[-a^2(x - x_0)^2]. \quad (1)$$

Наиболее существенным мешающим фактором для дефектоскопии, значительно снижающим ее достоверность, является влияние «отвода» или перекоса датчика относительно поверхности контролируемого изделия. При этом в начале отрыва датчика от поверхности материала происходит резкое изменение сигнала, переходящее по мере увеличения зазора или угла перекоса в более плавное. Как показали проведенные расчеты, характер таких изменений хорошо описывается параболой. Если не анализировать форму, а использовать только факт появления импульса, то наличие перекоса на бездефектной поверхности с соответствующей модуляционной характеристикой вполне может быть принято за наличие дефекта.

Порог чувствительности приборов для дефектоскопии и дефектометрии изделий постоянно снижа-

ется. В настоящее время этот порог по глубине поверхностных трещин не превышает 0.1—0.2 мм, поэтому амплитуда модуляционного импульса дефекта обычно невелика.

Многочисленные эксперименты показывают, что амплитуда ложного импульса (помехи) в большинстве случаев сравнима с амплитудой модуляционного импульса дефекта. Ширина модуляционного импульса дефекта в основном определяется двумя факторами: радиальными размерами области локализации зондирующего поля и величиной угла между траекторией сканирования и плоскостью симметрии дефекта. Ширина помехи (сигнал 2-го типа) может изменяться случайным образом в довольно широких пределах: модуляционный импульс дефекта может быть как уже, так и шире импульса помехи.

В настоящее время для уменьшения влияния эффекта зазора и перекоса вихретоковых первичных преобразователей чаще всего используют фазовый и амплитудно-фазовый методы, основанные на том, что линии «отвода» вихретоковых преобразователей на комплексной плоскости внесенных сопротивлений или напряжений близки к прямым [1]. Однако диапазон отстройки невелик и в ряде случаев не удовлетворяет практическим требованиям контроля.

В реальной ситуации нельзя не учитывать наложение шума, в результате которого искажается форма сигнала. Таким образом, задача идентификации сводится к выделению сигнала и определению принадлежности его к одной из двух групп.

Данная работа описывает два метода распознавания и классификации сигналов дефектов и помех, возникающих в процессе неразрушающего контроля композитов: первый основан на анализе вида самих сигналов; второй — на качественных показателях среднего квадратичного отклонения за-

шумленных сигналов от тестового. Данные методы могут быть применены вместе для более надежной классификации сигналов, так как они не зависят один от другого, а гармонично дополняют друг друга, будучи основанными на разных подходах.

Рассмотрим первый метод распознавания применительно к идеальным сигналам. Если найти точку начала сигнала, вторую точку — там, где сигнал имеет максимум, то, соединив эти две точки, мы получим отрезок, целиком лежащий ниже кривой импульса помехи (рис. 1).

Теперь рассмотрим модуляционный импульс дефекта. Аналогично описанному выше, построим отрезок и для этого случая (рис. 2). Часть отрезка будет находиться выше кривой рассматриваемого сигнала. Далее анализируем каждую точку графика, соответствующую шагу дискретизации на траектории сканирования вихревого преобразователя из рассматриваемого диапазона, на расположение относительно отрезка. При этом подсчитываем число точек, лежащих ниже отрезка. Отношение числа этих точек к общему числу в пределах анализируемого диапазона даст вероятность того, что данная часть сигнала соответствует модуляционному импульсу дефекта.

Подобным образом можно построить отрезок и для убывающей части огибающей импульсного сигнала. Данный метод дает 85.7 % точек ниже отрезка на всем диапазоне идеализированного сигнала дефекта и 100 % для второго типа сигналов.

Однако на описанные выше сигналы обычно на-

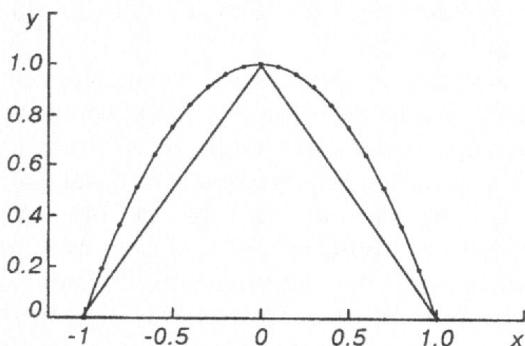


Рис. 1. Идеальный сигнал 2-го типа

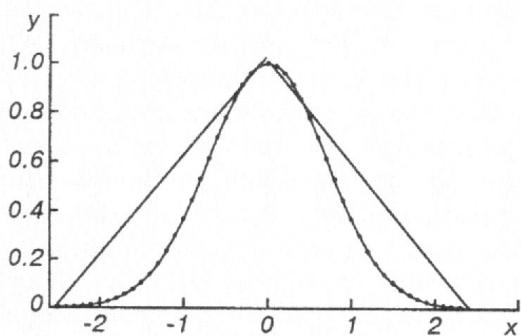


Рис. 2. Идеальный сигнал 1-го типа

кладывается гауссовский шум. Моделируя реальную ситуацию, мы накладываем шум на идеализированные сигналы, задавая в качестве параметра шума стандартное отклонение и среднее значение (всегда ноль). Полученные сигналы с шумами сложно распознать по приведенному выше алгоритму. Первой проблемой является обнаружение начальной и конечной точки сигнала и его максимума. Также необходимо исключить случайные всплески в дискретных точках траектории сканирования. С этой целью используется алгоритм линейного сглаживания по трем точкам.

Данный метод можно легко модернизировать, например используя сглаживание по большему числу точек (это может быть удобно при высоких уровнях шума и когда аппаратура позволяет снимать сигналы с большой дискретностью), применяя при сглаживании полиномы степени 2 и выше, а также другие методы. Результаты идентификации зашумленных сигналов дефекта и помехи, полученные при использовании данного метода, отображены в табл. 1. Результаты усреднены по 100 опытам.

Рассмотрим метод средних квадратичных отклонений. В качестве тестового сигнала выбираем идеальный сигнал I типа как наиболее легко масштабируемый. Изменяя коэффициент k , изменяем амплитуду сигнала, изменяя коэффициент a , изменяя длительность тестового сигнала (1). Амплитуда изменяется дискретно с шагом 0.1 в диапазоне 0.3—1.5, а ширина сигнала — с тем же шагом в диапазоне 0.7—4.0. Производя подобные изменения тестового сигнала, рассчитываем среднее квадратичное отклонение исследуемого сигнала от тестового сигнала, запоминая минимальное из полученных значений. Это значение проверяем на принадлежность к одному из двух известных рассчитанных по результатам предварительных экспериментов диапазонов, которым соответствуют сигналы дефекта и помехи.

При составлении такой базы данных необходимо определять, при каком уровне шума используется пара, так как каждой паре значений среднего

Таблица 1. Вероятность идентификации сигналов помехи и дефекта при различных уровнях шума (I метод)

Уровень шума, %	Вероятность идентификации, %	
	дефект	помеха
0	100	100
1	100	100
5	99	99
7	91	96
10	78	93
15	65	80

Таблица 2. Усредненные показатели минимальных средних квадратичных отклонений при различных уровнях шума

Уровень шума, %	Дефект	Помеха
5	0.05	0.14
10	0.09	0.17
15	0.14	0.20
20	0.19	0.236

Таблица 3. Вероятность идентификации сигналов помехи и дефекта при различных уровнях шума (II метод)

Уровень шума, %	Вероятность распознавания, %
0	100
5	≈ 100
10	99
15	97
20	90

модуляционного импульса дефекта. Второй метод позволяет производить распознавание с большей вероятностью (ср. табл. 1 и 3), но с повышением уровня шума выше 20 % может происходить перекрытие диапазонов, и вероятность распознавания снижается.

1. Композиційні матеріали / Под ред. Карпинова. — Київ: Наук. думка, 1985.—592 с.
2. Справочник по композиционным материалам / Под ред. Дж. Любина. — М., 1988.—Т. 1.—447 с.; Т. 2.—580 с.
3. Хандецкий В. С. Выявление слоев с повышенной концентрацией микротрешин в углеродосодержащих композитах вихревоковым методом // Механика композит. материалов.—1992.—№ 6.—С. 741—749.
4. Хандецкий В. С. Вихревоковый контроль поверхностных трещин в углеродосодержащих композитах // Технология.—1997.—№ 1.—С. 74—80.
5. Хандецкий В. С., Сопильник А. В., Гречка А. Т. Обнаружение поверхностных трещин в углеродосодержащих композитах // Дефектоскопия.—1994.—№ 2.—С. 47—57.

SIGNAL PROCESSING AT EDDY CURRENT DEFECTOSCOPY

I. N. Antoniuk, V. S. Khandetskyi

Carbon containing composite materials are widely implemented in different constructions of aerospace technique due to their unique physic-mechanical properties. Nowadays, using different algorithms, methods of recognition and classification of defects and drawbacks, that occur during non-destructive control of composites, have been developed. This paper describes two such methods one of which based on signals' form analysis and the other on quantitative indexes of mean square root deviation of noised signals from a test signal. Changes of the gap between the eddy current transformer and the surface of a testing material, casual inclinations of the transformer during scanning form drawback impulses. These are the most essential preventing factors. The obtained results let to make correction of these factors and considerably improve reliability of defectoscopy.

УДК 621.76002(075.8)

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ НА РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С ПЛАСТИЧНОЙ ПРОКЛАДКОЙ

© Ю. С. Бойко

Дніпропетровський державний університет

При збиранні та випробуваннях пневмогідравлічних систем встановлено, що роз'ємні фланцеві з'єднання після зняття з них кріплень не втрачають своєї герметичності навіть в умовах штатних навантажень. Було припущенено, що причиною зберігання щільноти стику є холода зварка. Розрахунки, проведені на штатних фланцевих замкових з'єднаннях, показали, що в зоні контакту прокладки з міді М3 і фланців зі сталі 12Х18Н10Т напруга складає 260—280 МПа, що у 13—14 разів перевищує напругу, необхідну для початку пластичної деформації прокладки, і у 17.3 рази перевищує напругу, необхідну для здійснення холодної зварки. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що в основі ефекту зчеплення в роз'ємних з'єднаннях з пластичною прокладкою лежить холода зварка.