

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ

Мирошников В.В.^{*}, Швец С.Н., Победа Т.В.

Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля,
кв. Молодежный 20а, Луганск, 91034 Украина

^{*} Факс: 38 (0642) 41-05-80

E-mail: ted-eunu@gts.lg.ua

Введение

Протекающая водородная коррозия приводит к необратимым изменениям магнитных свойств материала [1]. На разных её этапах, не смотря на различный характер процесса коррозии, основной магнитной величиной, претерпевающей изменения, является коэрцитивная сила материала. Величина изменения коэрцитивной силы на начальных этапах водородной коррозии не превышает 5-7%, что на поверхности стенки объекта контроля, толщиной 30 мм, приводит к изменению магнитного поля рассеяния на величину 2-5 А/м. Зарегистрировать столь малые магнитные поля на поверхности действующего промышленного объекта практически невозможно, используя приборы с приставными преобразователями.

Результаты и обсуждение

Решением выше указанной задачи является организация непрерывного процесса контроля магнитного поля рассеяния контролируемой поверхности промышленного объекта. Для её реализации разработан магнитный датчик, который крепится на стенки действующего объекта и снимает топографию магнитного поля контролируемого участка.

С целью получения действительно объективной картины о состоянии материала стенок объекта, диагностирование необходимо проводить на объекте, находящемся в рабочем режиме. При этом температура наружной стенки объекта может достигать 70-140⁰С. Не представляется реальным, да и целесообразным, покрывать всю поверхность объекта датчиками, достаточно установить датчики в наиболее опасных, напряженных местах конструкции, которые выявлены в процессе эксплуатации или рассчитаны. Остается решить задачу крепления датчиков на поверхности объекта без повреждения последнего, а так же питания и съема информации с датчиков. В силу больших габаритов объекта контроля, распределенности объекта на большой площади, условий безопасности, кабельные линии связи и питания оказываются ненадежными (механически и информационно), а их прокладка и обслуживание требует больших трудозатрат.

Учитывая выше сказанные требования

разработан автономный магнитный датчик, состоящий из системы намагничивания (рис.1), блока магниточувствительных элементов и схемы предварительной обработки их выходного сигнала. В датчике имеется аккумуляторная батарея и приемо-передатчик, позволяющий по радиоканалу передавать данные и принимать команды с базового компьютера. Для намагничивания контролируемой области используется катушка, состоящая из трех секций, с помощью которых в области занимаемой датчиком и на глубину до 50 мм синтезируется однородное магнитное поле индукцией 0,1 Тл с неоднородностью не более 6%. По диагоналям катушки размещены магниточувствительные элементы (количеством до 60 штук), в качестве которых выступают феррозонды. Феррозонды работают в импульсном режиме возбуждения с компенсацией их начального разбаланса [2], что позволяет получить порог чувствительности порядка 0,3-0,5 А/м. Одновременно с этим, импульсный режим обеспечивает высокую помехоустойчивость и низкое энергопотребление, что особенно важно при автономном режиме работы датчика. Датчик крепится на поверхность объекта с помощью магнитных «присосок», отстоящих от корпуса датчика на расстоянии 150-200 мм, чтобы не создавать помех для его работы.

В намагничивающую катушку датчика подается импульс тока, и создается магнитное поле, которое намагничивает участок объекта контроля. После снятия поля подмагничивания с помощью феррозондов, которые опрашиваются по очереди, реализуя принцип сканирования, измеряется величина остаточной намагниченности контролируемого участка. Полученные данные по сети или радиоканалу передаются на базовый вычислительный комплекс, где строится двумерная картина распределения остаточной намагниченности и вычисляется коэрцитивная сила материала. Полученные данные сохраняются в памяти базового компьютера и сравниваются с новыми результатами измерения. При возникновении возмущения по разработанным моделям вычисляется величина (глубина и раскрытие) дефекта, а также отслеживается динамика его изменения.

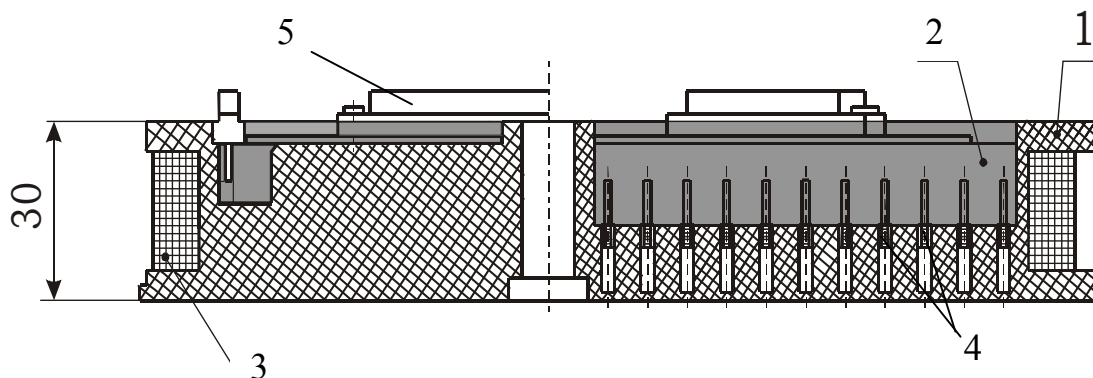


Рис. 1. Плита датчиков: 1 – основание (стеклотекстолит); 2 – компаунд; 3 – обмотка подмагничивания; 4 – феррозонды; 5 – разъемы соединительных кабелей.

Учитывая, что дефект под воздействием водородной коррозии развивается от внутренней стенки к внешней, можно отслеживать динамику его развития, что позволит рассчитывать оставшийся ресурс работы оборудования.

Для получения объективной картины развития водородной коррозии на объекте устанавливается необходимое количество датчиков в местах наиболее подверженных коррозии. Учитывая, что время работы датчика составляет 3-5 с, базовый вычислительный комплекс способен обслуживать до тысячи датчиков, а ресурс их работы составляет порядка трех лет без изменения характеристик.

При вычислении параметров дефекта необходимо знать ряд исходных данных о магнитных свойствах материала, предыстории его намагничивания и при этом иметь математическую модель, которая бы в реальном масштабе времени могла рассчитывать характеристики дефекта.

Существующие математические модели полей рассеяния дефектов или очень простые, не учитывающие физико-механических свойств материалов и, следовательно, имеющие большую погрешность расчетов, или достаточно сложные, реализующие алгоритм решения нелинейных интегральных уравнений. Время расчета по этим моделям достигает 30-40 минут и при этом не решен вопрос их сходимости. Поэтому для проведения расчета поля рассеяния дефектов в реальном масштабе времени получены упрощенные математические зависимости поля дефекта от его геометрических размеров. Получение этих зависимостей совершалось методом ортогонального композиционного планирования второго порядка для двух факторов, которыми являются глубина h и раскрытие $2b$ дефекта. Учет остальных параметров дефекта и намагниченности участка контроля осуществляется с помощью корректирующих функций, тогда напряженность поля рассеяния

определяется как $H_m = M_0 F_k F(2b, h)$, где F_k – корректирующая функция, которая зависит от коэрцитивной силы, начальной намагниченности, угла наклона, шероховатости стенки дефекта; $F(2b, h)$ – базовая функция.

Расхождение полученных значений полей рассеяния дефектов по упрощенным зависимостям составляет не более 5-7% со значениями, рассчитанными по моделям, приведенным в известных работах Аркадьева В.К., Зацепина М.М., Мужичко В.Ф. [3], что подтверждает корректность полученной математической модели поля дефекта при машинном времени расчета не более 2-3 секунд.

Выводы

Таким образом, комплексный метод решения поставленной задачи, заключающийся в разработке конструкции автономного магнитного датчика и программно-математического обеспечения к нему, позволяет с высокой степенью достоверности отслеживать процесс водородной коррозии, что дает возможность прогнозировать остаточный ресурс работы оборудования.

Литература

1. Мирошников В.В., Шве́ц С.Н. Анализ развития дефектов в водородосодержащих конструкциях // Материалы VIII Международной конференции «Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов. ISHMS'2003». – Киев: IHSE. – 2003. – С. 1042-1043.
2. Мирошников В.В., Шевченко А.И., Шве́ц С.Н. Феррозондовый магниторегистрационный канал приборов магнитного контроля // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2002. – №3(49). – С. 142-144.
3. Мужичко В.Ф. К расчету магнитостатических полей рассеяния // Дефектоскопия. – 1987. – №7. – С. 8-13.