

Результаты использования метода сканирующей контактной потенциометрии при контроле качества сварных соединений

*В.Г. Бекетов,
к.т.н., доц., vgbeketov@mephi.ru,
А.Е. Дембицкий,
ст. преп., demartev@gmail.com,
ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск,
В.И. Сурин,
к.т.н., доц., visconst@rambler.ru,
А.А. Абу Газал,
асп., gazal.ayman@yandex.ru,
А.И. Алвахеба,
асп., anskloub@yahoo.com,
НИЯУ МИФИ, г. Москва*

Датчики и приборы сканирующей контактной потенциометрии использовались для неразрушающего контроля сварных соединений узла приварки коллектора к патрубку парогенератора ПГВ 1000. Представлены результаты оценки технического состояния узла приварки коллектора к патрубку парогенератора. В частности, при зонной локации сварного шва холодного коллектора, в режиме пропускания постоянного тока, обнаружена сингулярность, которая идентифицирована как подповерхностный дефект

Sensors and devices of scanning contact potentiometry were used for nondestructive testing of welded joints of the collector to the branch pipe of steam generator PGV 1000. The results of the evaluation of the technical state of the collector welding to the steam generator are presented. In particular, in the zone location of the welded seam of a cold collector, in the regime of direct current transmission, a singularity is detected, which is identified as a subsurface defect.

Постановка задачи и цель исследования

Цель проведения электрофизического неразрушающего контроля (ЭНК) сварного шва (СШ) №111 парогенератора ПГВ 1000 заключалась в обосновании возможного использования метода ЭНК на стадии технологической сборки коллектора и контроля операции выполнения СШ в заводских условиях, а также определения перспективы использования метода в условиях эксплуатации парогенератора. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- разработать и изготовить адаптированные измерительные устройства для ЭНК СШ в зоне приварки коллектора первого контура к корпусу парогенератора с шириной шва 60...70 мм и длиной около 3770 мм;
- разработать систему сбора и обработки диагностической информации, функционирующей непосредственно в заводских условиях;
- произвести ЭНК СШ методом сканирующей контактной потенциометрии в заводских условиях с применением локального теплового подогрева (при температуре 60...90°C), а также с пропусканием постоянного электрического тока (силой тока до 0,6 А, напряжением 3,6 В) через диаметрально-противоположные точки, расположенные на оси СШ.

Методика контроля сварных соединений

Датчики контактной потенциометрии обладают рядом преимуществ по сравнению с измерительными устройствами других методов НК. Основными из этих преимуществ являются: малая масса и габариты чувствительных элементов, обусловленные малыми линейными размерами пятен образующихся микроконтактов; высокая надежность и воспроизводимость результатов измерений; высокая помехоустойчивость и низкий уровень собственных шумов. В конструкциях датчиков отсутствуют сильноточные цепи и нагреваемые области, поэтому измерительные системы характеризуются высокой пожаробезопасностью. Также следует отметить низкий по электрической мощности уровень полезного сигнала и отсутствие, в связи с этим, искрения в механических контактах. Метод СКП обеспечивает возможность проведения многоточечных и распределенных измерений, в том числе с использованием частотно-временного мультиплексирования чувствительных элементов, расположенных на различных участках объекта контроля. Для обработки потока поступающей информации используются программные коды временного и спектрального анализа. Методом СКП в области контроля были проведены поточечные измерения с помощью щупа и переносного ЭФ-датчика, а затем проведено сканирование поверхности ручным электрофизическим дефектоскопом ЭДСС – 1РД (рис. 1).

При длительных перерывах в эксплуатации необходимо выполнить несколько рабочих операций переключателем измерительных каналов и кнопкой включения лазерного указателя, а также протереть поверхности преобразователей ацетоном.

Выходной разъем дефектоскопа подключается к внешнему измерителю выхода. Прибор готов к работе по истечении 30-40 минут после подключения к измерителю. Дефектоскоп прокатывается по профилю сварного соединения со скоростью, примерно, 5 мм/с при установленном переключателе измерительных каналов в одном из трех фиксированных положений.

Последовательно переключатель измерительных каналов устанавливается в два других положения и процедура повторяется. Информация считывается с внешнего измерителя и производится ее обработка с помощью ПК. Для проведения электрофизического контроля необходимо иметь небольшой переносной стол (или подставку под

приборы), электрический удлинитель на ~220 В (2-3 розетки). Объект должен быть хорошо освещен, а внешняя поверхность объекта подготовлена к измерениям. Измерительный прибор (например, мультиметр Agilent) и ноутбук устанавливаются на столе вблизи объекта и подключаются к электросети. Время прогрева измерительного прибора перед проведением измерений составляет 20-30 минут.



рис. 1. Электрофизический дефектоскоп ЭДСС – 1РД [1]

При проведении измерений использовали мобильную информационно-измерительную систему на базе ноутбука Asus X554L с мультиметром компании Agilent Technologies 34401A. Мультиметр обладает всеми характеристиками для выполнения быстрых и точных испытаний в составе информационно-измерительной системы, имеет разрешение $6\frac{1}{2}$ разрядов. Основная 24-часовая погрешность измерения напряжения постоянного тока составляет 0,0015%. Мультиметр обеспечивает 1000 отсчетов в секунду, передаваемых непосредственно в канал GPIB в формате ASCII. В стандартной конфигурации прибора имеется два типа интерфейсов: GPIB и RS-232.

Потенциометрические измерения выполнены относительно «массы» парогенератора. Для этого неподвижный датчик закреплялся на стапеле парогенератора с помощью магнитов. Применяли датчики с электрофизическими преобразователями из стали 45 и стали X18H10T. Механическое перемещение датчика по поверхности образца осуществляли по восьми измерительным дорожкам, четыре из которых принадлежали левой части сварного шва (относительно оси симметрии) и четыре – правой. При средней скорости сканирования поверхности СШ дефектоскопом 10...20 мм/с, время одного сета измерений изменялось в пределах пятиминутного интервала.

Результаты измерений

Перед непосредственным проведением измерений был произведен внешний осмотр поверхности каждого сварного с помощью лупы и измерена шероховатость в точках разметки, прибором VOGEL. Соответствующие результаты измерений были занесены в таблицы.

Методом СКП в области контроля были проведены поточечные измерения с помощью щупа и переносного ЭФ-датчика, а затем проведено сканирование поверхности ручным электрофизическим дефектоскопом ЭДСС – 1РД (рис.1).

Результаты НК сварного шва приварки холодного коллектора первого контура к корпусу парогенератора показаны на рисунке 2. Обращает внимание множество поверхностных дефектов, сконцентрированных вдоль оси СШ.

Используя результаты визуального контроля СШ, можно предположить, что неоднородность потенциала связана с многочисленными царапинами и глубокими вкраплениями мелких пятен ржавчины.

Потенциограмма СШ была построена на структурном уровне 2 мкВ (рис.3 а). На этом же рисунке приведена потенциограмма, соответствующая воздействию постоянного тока на область СШ, на которой был обнаружен дефект, расположенный примерно на 4-ой дорожке. Дефект выделен в круг и показан стрелкой рис.3 б).

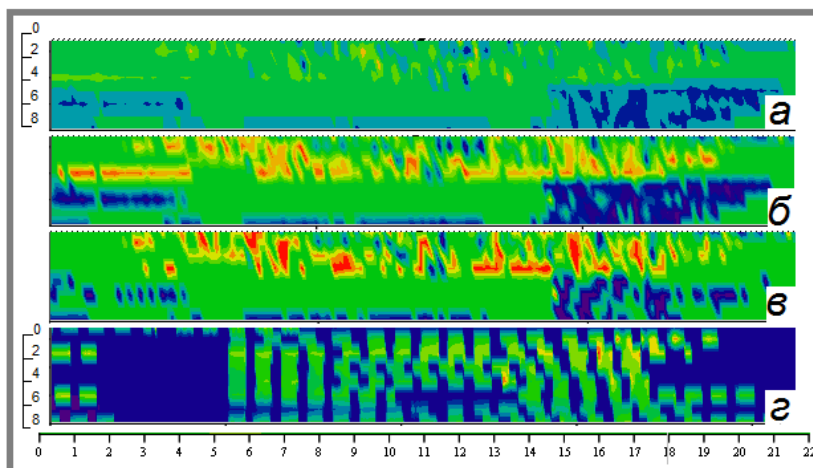


рис. 2. Поверхностная потенциограмма – развертка сварного шва приварки холодного коллектора первого контура к корпусу парогенератора, построенная для разных структурных уровней: а – 17 мкВ; б – 9 мкВ; в – 5 мкВ; г – результаты поточечного сканирования, уровень 100 мкВ

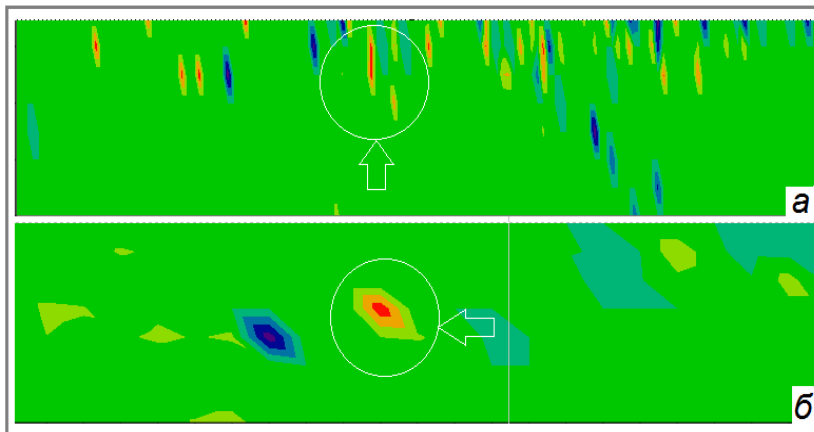


рис. 3. Поверхностная потенциограмма – развертка СШ приварки холодного коллектора первого контура к корпусу парогенератора:
 а – дефекты обнаруженные с помощью дефектоскопа ЭДСС-1РД;
 б – сингулярность, обнаруженная в области контроля примерно на 4-ой измерительной дорожке

Заключение

Объектом неразрушающего контроля являлись сварные соединения приварки коллектора первого контура к корпусу парогенераторов ПГВ 1000 реактора, находящегося в Ресурсном центре НИЯУ МИФИ на площадке АО «АЭМ-Технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонске.

Для выполнения указанной работы были сформулированы технические условия проведения испытаний, разработаны датчики и приборы ЭФК, а также методика измерений, адаптированная непосредственно к заводским условиям.

Проведена оценка технического состояния сварных швов указанных парогенераторов. Результаты поточечного сканирования показывают, что на структурном уровне сигнала 1000 мкВ и выше, практически для всех образцов, обнаружены множественные поверхностные несовершенства, обусловленные как присутствием отдельных пятен ржавчины, так и следами глубокой очаговой коррозии, а также наличием мелких выбоин, царапин и других несовершенств. На потенциограммах они проявляется в виде отдельных мелких точек и пятен яркого цвета, переходящих в обширные пятна большого диаметра или широкие полосы.

Обнаружены подповерхностные объемные нарушения в сварных швах приварки горячего и холодного коллекторов первого контура к корпусу парогенератора, на уровне 5 мкВ, которые идентифицируются как поперечные или продольно-поперечные несплошности малого размера. При зонной локации сварного шва холодного коллектора, в режиме пропускания постоянного тока, обнаружена сингулярность, которая специалистами УЗК завода была идентифицирована как малый подповерхностный дефект, залегающий на глубине 30 мм.

Литература

1. Сурин В.И., Волкова З.С., Денисов Р.А., Мотовилин В.Д., Рейн Н.В. Методы электрофизической диагностики и контроля реакторного оборудования// Глобальная ядерная безопасность – М.: НИЯУ МИФИ, 2016, №4(21), с. 51-62.