

Рисунок 3 – Содержание кремния и марганца

Таким образом, установлены причины получения неудовлетворительных значений исходной критической температуры хрупкости металла сварного шва корпуса ВВЭР, выполненного автоматической сваркой проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ под флюсом ФЦ-16А, выявлено сочетание нескольких факторов:

- структурная неоднородность – образование структурно-свободного феррита в бейнитной матрице металла шва вследствие неблагоприятных термокинетических условий – замедленной скорости охлаждения при относительно высоких параметрах сварки, либо температуры подогрева;
- протекание процессов преобразования в карбидной фазе при многократных промежуточных отпусках;
- загрязненность металла шва неметаллическими включениями вследствие протекания кремний-восстановительного процесса [3].

Как результат, разработаны рекомендации к технологическим параметрам сварки с точки зрения сопротивления хрупкому разрушению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНАЭГ-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. М.: Энергоатомиздат, 1989;
2. НП-105-18. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 15.07.2024);
3. Конищев Б. П., Курланов С. А., Потапов Н. Н. и др. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие. В 2-х т. Т. 1. Защитные газы и сварочные флюсы / Под общ. ред. Н. Н. Потапова. М.: Машиностроение, 1989.

УДК 539.2 (075)

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Жидков М.Е.¹, Щербань А.С.², Сурин В.И.³

^{1,2}Волгодонский филиал АО «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии «Атоммаш», Волгодонск, Россия

³Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Аннотация. Для электрического неразрушающего контроля оборудования атомных станций предлагается использовать высокотехнологичную автоматизированную измерительная система АС ЭФК-100, разработанную совместно с Волгодонским филиалом АО «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии «Атоммаш» и лабораторией функциональной электрофизической диагностики и неразрушающего контроля

ИЯФиг НИЯУ МИФИ. Система на базе персонального компьютера содержит измерительное устройство, состоящее из миниатюрных электрофизических датчиков, конструктивно объединенных в одном корпусе. Число датчиков варьируется в зависимости от размеров и формы объекта контроля и может изменяться от десяти до ста и более. Работой блока управляет мультиплексор, попеременно подключающий каждый из датчиков блока к измерительному каналу. Система АС ЭФК-100 располагается на вертикальной консоли, механически перемещаемой при работе.

Ключевые слова: сканирующая контактная потенциометрия, электрический неразрушающий контроль, оборудование АЭС.

HIGH-TECH AUTOMATED ELECTRICAL TESTING SYSTEM FOR NUCLEAR PLANTS EQUIPMENT

Zhidkov M.E.¹, Shcherban A.S.², Surin V.I.³

^{1,2}Volgodonsk branch of JSC Engineering Company AEM Technologies Atomash, Volgodonsk, Russia

³National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia

Abstract. For electrical non-destructive testing of nuclear power plant equipment, a high-tech measuring *Elph*-system is proposed, developed jointly by the Volgodonsk branch of JSC Engineering Company AEM-Technologies Atomash and the laboratory of functional electrophysical diagnostics and non-destructive testing of the Institute of Nuclear Physics and Technology NRNU MEPhI. The system, based on a personal computer, contains a measuring unit consisting of miniature electrophysical sensors structurally combined in one housing. The number of sensors varies depending on the size and shape of the test object and can vary from ten to one hundred or more. The operation of the unit is controlled by a multiplexer, which alternately connects each of the unit's sensors to the measuring channel. *Elph*-system is located on a vertical console, which is mechanically moved during operation.

Keywords: scanning contact potentiometry, electric non-destructive testing, nuclear power plant equipment.

Высокотехнологичная измерительная система АС ЭФК-100 предназначена для обнаружения дефектов в неразъёмных соединениях, в частности сварных швов различной формы, оборудования АЭС. Система может применяться в целях неразрушающего контроля, как в заводских условиях, так и на атомных станциях при проведении регламентных работ. Измерительное устройство представляет собой набор электрофизических датчиков, объединенных в диэлектрическом корпусе. Принцип работы чувствительных элементов основан на оценке разности электрических потенциалов между двумя точками объекта контроля [1]. Для увеличения производительности, точности и надежности результатов контроля датчики соединяются в многозвенную цепь, охватывающую объект контроля. Каждое звено может объединять от одного до четырёх и более датчиков. При этом каждый датчик состоит из чувствительного элемента, гильзы и пробки. Для обеспечения надёжности контакта с контролируемой поверхностью применен упругий элемент в виде винтовой пружины. Поверхность чувствительного элемента для обеспечения точечного контакта выполняется сферической.

В измерительной системе АС ЭФК-100 используется измерительный канал, реализующий прямой метод измерений путем последовательного опроса всех преобразователей.

Регламент проведения измерений выбирается исходя из поставленной задачи, условий проведения измерений и характеристик исследуемого объекта. При этом соблюдаются требования ГОСТ Р ИСО 5725, выделяющего основные факторы, которые вносят вклад в изменчивость измерений. Как правило, условия выполнения измерений по умолчанию соответствуют стационарному состоянию.

Результат измерений контролируемого параметра представляет собой совокупность среднего значения (математическое ожидание), систематической погрешности методики выполнения измерений и случайной погрешности результата измерений. Размеры объема выборок результатов контроля составляют от сотен и тысяч для изделий небольших размеров, до десятков и сотен тысяч крупногабаритных изделий (корпусов, обечаек, днищ и т.п.) [2].

Цепь (рисунок 1) состоит из звеньев 1, включающих в себя датчики 2, формирующие сигнал измерительной информации. Цепь располагается вдоль контролируемого соединения с фиксированным шагом, который определяется минимальным расстоянием между

датчиками. В устройстве реализован метод пассивной электромагнитной дефектоскопии, основанный на измерении контактной разности потенциалов, не требующий пропускания электрического тока через контролируемый участок [3]. Цепь датчиков устанавливается вдоль контролируемой поверхности, например, сварного шва или иного неразъёмного соединения.

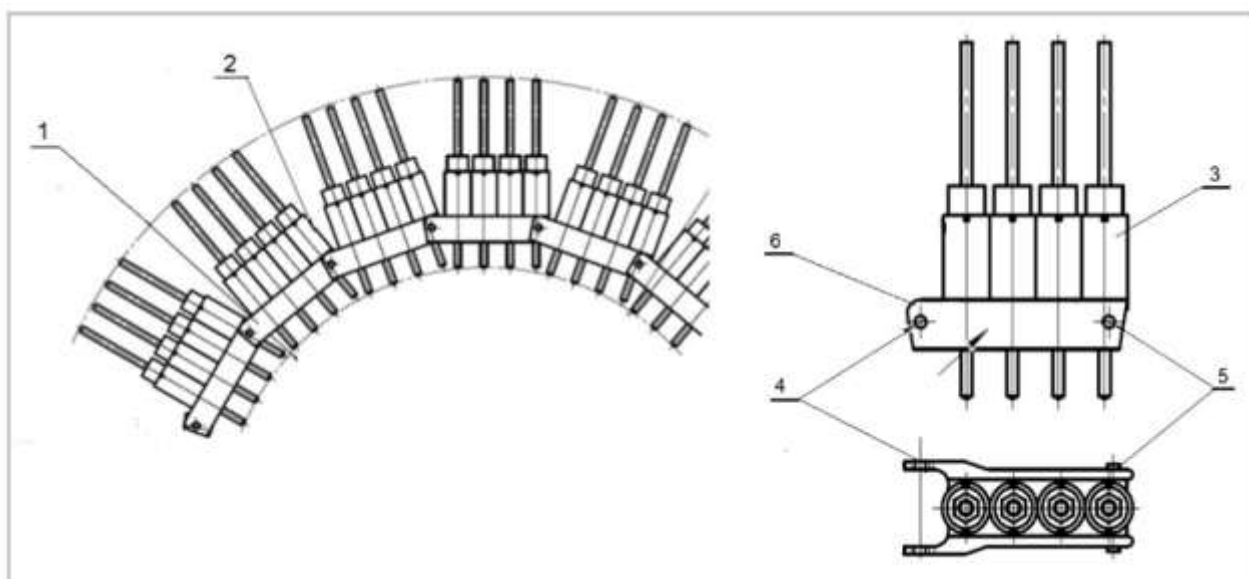


Рисунок 1 – Конструкция измерительного устройства автоматизированной системы АС ЭФК-100

На каждом звене цепи может располагаться от 1 и более датчиков. На рисунке 1 число датчиков равно четырем. Звенья собираются в цепь следующим образом. Датчики 3 устанавливаются в корпус 6 каждого звена. Звенья монтируются с помощью соединения вилочного типа так, что каждое звено соединяется с соседними посредством защёлкивания таким образом, что в отверстия 4, высверленные в проушинах корпуса предыдущего звена, вставляются выступы 5 цилиндрической формы, выполненные непосредственно на корпусе последующего звена.

Допускается соединение звеньев с помощью штифтов, концы которых для осевой фиксации – распаиваются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурин В.И., Иваний М.Б., Волкова З.С., Щербаков А.А. Конструирование приборов и установок электрического неразрушающего контроля. Часть 1. Теоретические основы контактной потенциометрии. – М; НИЯУ МИФИ, 2024.
2. Сурин В.И., Щербань А.С., Щербаков А.А., Жидков М.Е., Томилин С.А., Иваний М.Б. Обоснование применимости метода сканирующей контактной потенциометрии для контроля оборудования АЭС при его изготовлении // Глобальная ядерная безопасность. – 2023. – № 1(46). – С. 37-54.
3. Адаменков А.К., Малахов М.И., Ожерельев В.Д., Сурин В.И. Спектральный анализ результатов электрофизического неразрушающего контроля технологического оборудования АЭС // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2021. – № 1. – С. 27–30.