

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200136419>.
2. Абидова Е.А. Методика диагностирования состояния электромеханических приводов систем управления и защиты реакторной установки / Е.А. Абидова, М.А. Белоус, Л.С. Хегай, А.В. Чернов // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн, 2017. – № 4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4493>.
3. ГОСТ 10169-77 Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200012458>.

Experience in Developing a Diagnostic Complex for the Control and Protection Systems of the VVER-440 Reactor Facility

Abidova E.A., Vorobyov E.V., Kalashnikov M.V., Prytkova D.A., Yankovich D.A.

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia
e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract – The work is devoted to the intermediate results of creating an integrated information system for monitoring the technical condition and resource characteristics of drives of control and protection systems for power units of the VVER-440 reactor plant. The hardware composition of the developed system is described. The results of using the system in the framework of bench tests of the object are demonstrated. A list of detected defects and an example of determining the state of the drive of the control and protection system of the ARK type are given.

Key words: NPP equipment diagnostics, synchronous motor defect, position sensor, registration of diagnostic signals, bench tests.

УДК 621.039.53:620.179.118.7(075)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Алвахеба А.И. *, Бекетов В.Г. **, Дембицкий А.Е. **, Иваний М.Б. *, Сурин В.И. *

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия*

***Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Проведены исследования остаточных механических напряжений в сварных соединениях образцов из стали 12Х18Н10Т методом сканирующей контактной потенциометрии (СКП). Образцы для испытаний были сварены в Лазерном центре НИЯУ МИФИ и состояли из двух половин пластин размерами 100×100×6 мм. Поточечное ручное сканирование поверхности сварного соединения выполнено по восьми параллельным измерительным дорожкам с помощью преобразователя из стали Ст3 и автоматизированным прибором Spectroelph FFR. Ширина поверхности сканирования сварного соединения составляла 20 мм. Искусственный непровар корня был получен в сварном соединении, путем нарушения технологии сварки. На поверхностных потенциограммах в области непровара на уровне фиксации SLS=4 наблюдали последовательный ряд рефлексов, соответствующих высоким значениям остаточных напряжений. Для устранения побочных рефлексов, образующихся от других частей сварного шва, дополнительно применяли графический метод обработки результатов. Удаление шумовых компонент сигнала достигалось также методами спектрального анализа. Характер остаточных напряжений в сварном шве исследовали по форме и протяженности областей Сен Венана.

Ключевые слова: электрический неразрушающий контроль, сканирующая контактная потенциометрия, контроль сварных швов, поверхностная потенциограмма, ручное поточечное сканирование, внутренние напряжения, лазерная сварка, контроль технологического оборудования, непровар корня, нержавеющей сталь.

Опыт проведения исследований сварных соединений методом СКП [1,2] показывает, что в области сварного соединения на потенциограммах выявляется большое количество структурных неоднородностей, которые при эксплуатации потенциально могут стать активными концентраторами напряжений. Нами установлено, что по мощности излучения волн механических напряжений такие концентраторы наиболее опасны, если они связаны с непроваром корня сварного соединения (СС).

В этой связи, проведены исследования СС образцов из стали 12Х18Н10Т. Образцы для испытаний были сварены в Лазерном центре НИЯУ МИФИ и состояли из двух половин пластин размерами 100×100×6 мм. Непровар корня был искусственно получен в сварном соединении, путем нарушения технологии сварки. На рисунке 2 показан внешний вид такого образца. На тыльной стороне (справа) в центре образца виден непровар корня.

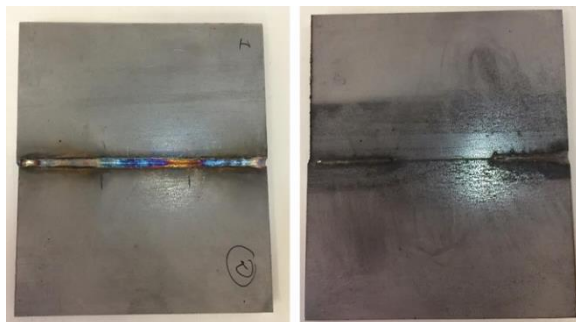


Рисунок 1 – Лицевая (слева) и тыльная (справа) стороны образца из стали 12Х18Н10Т с прерывистым непроваром корня

Сканирование поверхности сварного соединения выполнено с помощью преобразователя из стали Ст3 и автоматизированным прибором *Spectroelph FFR* по восьми параллельным измерительным дорожкам. Ширина области сканирования сварного соединения составляла 20 мм. Измерительная дорожка №4 геометрически расположена непосредственно по оси сварного соединения. Относительно высокий уровень фиксации непровара (SLS=4) свидетельствует о высоком значении остаточных напряжений. На всех представленных потенциограммах (рис. 2), по оси сварного соединения (дорожка №4) видны рефлекссы не только в области непосредственного непровара, но также и от других присутствующих в сварном соединении неоднородностей. Это усложняет задачу идентификации структурных неоднородностей. Поэтому дополнительно применялся графический метод определения координат дефектов по наблюдаемым цветовым рефлексам на потенциограммах.

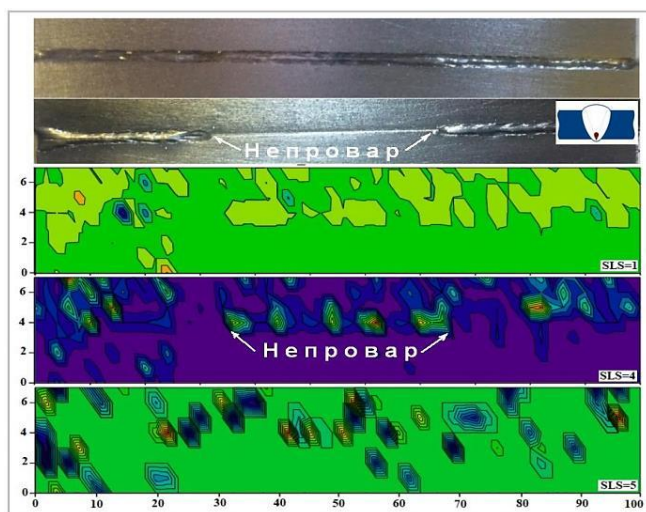


Рисунок 2 – Фото образца с непроваром корня (верхняя часть рисунка) и потенциограммы, построенные для уровня фиксации SLS=1; 4 и 5

Применение дополнительного метода обработки результатов позволило детально исследовать прерывистый непровар корня, состоящий из нескольких отдельных участков (рисунок 2). Удаление компоненты сигнала от побочных структурных неоднородностей достигается также методами спектрального анализа [3,4]. Характер действия остаточных напряжений в СС исследовали по форме и протяженности областей Сен Венана.

*Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований и выделенным грантом по договору №19-08-00266/19 от 10.01.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Повышение эффективности обнаружения структурных неоднородностей в сварных соединениях электрофизическим методом в условиях внешних воздействий // Безопасность ядерной энергетики – Тезисы докладов XVI Международной научно-практической конференции, Волгодонск, 2020 – С.16-17.
2. Alvaheba A.I., Beketov V.G., Abu Gazal A.A., Surin V.I. Results of the application of the contact potential difference method to monitor NPP process equipment // Journal of Physics: Conference Series. – 2020, P. 1636 (2020) 012017.
3. Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Гальчин А.В., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Исследование сварных соединений образцов из сталей методами радиографического и электрофизического неразрушающего контроля// XXVI Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов–2019». Сборник тезисов докладов – М. Физический факультет МГУ, 2019. – С.838.
4. Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Результаты электрофизического неразрушающего контроля сварных соединений в образцах из сталей//Программа 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 2018. – С.105.

The Investigation of Residual Stresses in Welded Joints by the Electrical Method

Alvaheba A.I.^{*1}, Beketov V.G.^{2}, Dembitsky A.E.^{**2}, Ivaniy M.B.^{*1}, Surin V.I.^{*1}**

**National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, Russia*

***Vologodsk Engineering and Technology Institute, National Research Nuclear University MEPHI, Vologodsk, Russia*

¹e-mail: elphyslab@yandex.ru

²e-mail: VGBeketov@mephi.ru

Abstract – The investigations of residual mechanical stresses in welded joints of specimens made of steel 12Kh18N10T were carried out by the method of scanning contact potentiometry (SCP). The test specimens were welded at the NRNU MEPHI Laser Center and consisted of two halves of plates 100 × 100 × 6 mm in size. Point-by-point manual scanning of the surface of the welded joint was performed along eight parallel measuring tracks using a St 3 steel transducer and an automated Spectroelph FFR instrument. The width of the scanning surface of the welded joint was 20 mm. Artificial lack of root penetration was obtained in a welded joint by violating the welding technology. On the surface potentiograms in the area of lack of penetration at the fixation level SLS=4, a successive series of reflections was observed corresponding to high values of residual stresses. To eliminate side reflections formed from other parts of the weld, a graphical method for processing the results was additionally used. The removal of noise signal components was also achieved by spectral analysis methods. The nature of residual stresses in the weld was investigated in terms of the shape and extent of the Saint Venant regions.

Key words: electrical non-destructive testing, scanning contact potentiometry, weld seam testing, surface potentiogram, manual point-by-point scanning, internal stresses, laser welding, process equipment testing, root failure, stainless steel.