

## АНАЛИЗ ОСЦИЛЛОГРАММ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Перепелицына А.В.<sup>1</sup>, Сазонов И.С.<sup>2</sup>, Ершов А.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск, Россия

<sup>2,3</sup>Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш", г. Волгодонск, Россия

<sup>1</sup>novicovaav@mail.ru; <sup>2</sup>Sazonow-igor@mail.ru; <sup>3</sup>andrey.vdsk98@gmail.com.

**Аннотация.** В работе исследовали устойчивость ММА процесса пульсирующей и обычной дугой при наплавке валиков электродами УОНИИ 13/55 диаметрами 4 мм на низкоуглеродистую сталь толщиной 8 мм и отработали методики активного анализа осциллограмм ручной дуговой сварки с целью извлечения и переработки информации для улучшения и совершенствования технологии сварки

Для этого решали следующие задачи:

- определение и анализ статической ВАХ источника питания (ИП);
- осциллографирование режимов РДС;
- изучение влияния режимов РДС на формирование шва

В качестве источника питания для сварки использовали аппарат инверторного типа ИНЭМ-200Т. Он оснащён микропроцессорным управлением и благодаря встроенному пульту может работать в одном из четырёх режимов: ММА, ММА–PULSE, TIG, TIG–PULSE. В импульсном режиме силу тока можно регулировать с учётом четырёх параметров: максимального тока в импульсе (А); размаха по току (А); частоты следования импульсов (сек<sup>-1</sup>); коэффициента заполнения или скважности (%).

**Ключевые слова:** сварочный аппарат, пульсирующая дуга, ручная дуговая сварка покрытые электроды, импульс тока сварки.

### ANALYSIS OF ELECTRIC ARC WELDING WAVEFORMS USING MICROPROCESSOR-BASED WELDING ARC POWER SUPPLIES

Perepelitsyna A.V.<sup>1</sup>, Sazonov I.S.<sup>2</sup>, Ershov A.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Russia

<sup>2,3</sup>Branch of JSC AEM-technologies Atommash, Volgodonsk, Russia

<sup>1</sup>novicovaav@mail.ru; <sup>2</sup>Sazonow-igor@mail.ru; <sup>3</sup>andrey.vdsk98@gmail.com.

**Abstract.** The work investigated the stability of the MMA process with a pulsating and conventional arc when surfacing rollers with UONIA 13/55 electrodes with diameters of 4 mm on low-carbon steel with a thickness of 8 mm and worked out methods for active analysis of oscillograms of manual arc welding in order to extract and process information to improve and improve welding technology

To do this, the following tasks were solved:

- determination and analysis of the static VAC of the power supply (IP);
- oscillography of RDS modes;
- study of the effect of RDS modes on seam formation

An INEM-200T inverter type apparatus was used as a power source for welding. It is equipped with microprocessor control and, thanks to the built-in remote control, can operate in one of four modes: MMA, MMA–PULSE, TIG, TIG-PULSE. In pulse mode, the current strength can be adjusted taking into account four parameters: maximum pulse current (A); current span (A); pulse repetition rate (sec<sup>-1</sup>); fill factor or duty cycle (%).

**Keywords:** welding machine, pulsating arc, manual arc welding coated electrodes, welding current pulse.

Сварку выполняли на обычных ММА режимах на обратной полярности (рис. 1). и импульсном режиме ММА–PULSE пульсирующей дугой (рис. 2).

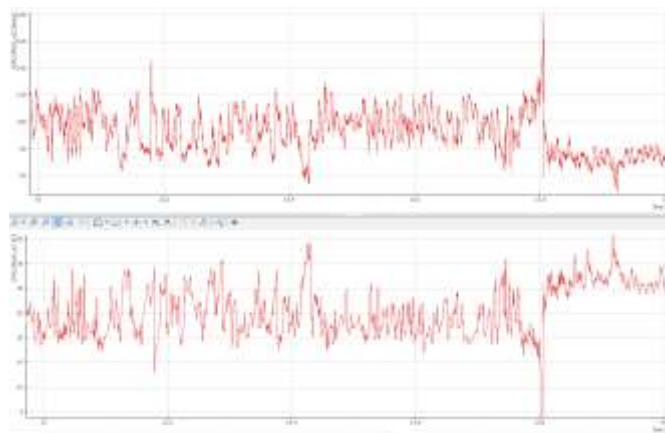


Рисунок 1 – Осциллограммы по току и напряжению импульсной ММА сварки, фильтр Баттерворта 2 порядка, частота отсечки сигнала 100 Гц

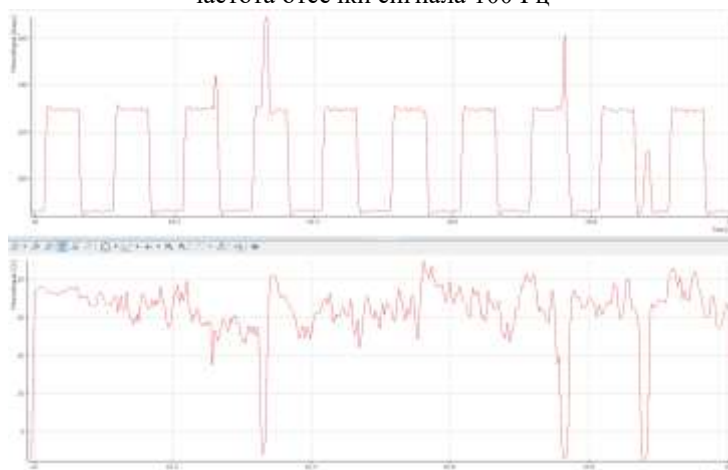


Рисунок 2 – Осциллограммы по току и напряжению импульсной ММА сварки, фильтр Баттерворта 2 порядка, частота отсечки сигнала 100 Гц

Осциллографирование и обработка РДС производилась с помощью информационно-измерительной системы Signal Express 2014 на базе измерительного аналого-цифрового модуля NI 9229 со встроенным программным обеспечением первичной обработки сигналов.

На первом этапе испытаний была экспериментально определена статическая вольтамперная характеристика (ВАХ) источника питания.

На втором этапе проверяли устойчивость дугового процесса при сварке на обычных и в импульсных режимах. Была построена взаимная диаграмма (диаграмма рассеяния), которая применяется для взаимоанализа двух рядов через кластеризацию данных.

Также был построен фазовый портрет динамических систем – это инструмент, используемый для графического определения мгновенного поведения ее траекторий для набора начальных условий. Классические фазовые портреты ограничены двумя измерениями, и иногда представлены снимки фазовых 3D-портретов. Генерации набора фазовых портретов достаточно, чтобы без потери информации определить полное поведение непосредственной динамики системы для набора начальных условий в n-мерном пространстве состояний.

Выяснилось, что процесс MMA PULSE более стабилен по сравнению с обычной ручной дуговой сваркой (ММА).. В результате шов формируется более благоприятно, оцениваемое по ГОСТ 25616-83 [1]. Сварщики считают, что электродуговой процесс в режиме пульсирующей дуги намного проще реализовать и для этого не нужны специальные навыки. Кроме того, экономичность, высокое качество сварного соединения, производительность, эффективность [2] и простота в использовании делают процесс ММА с пульсирующей дугой привлекательным выбором среди сварочных процессов, особенно для сварки небольших деталей.

По итогам работы сделан вывод о том, что пульсирующая дуга может эффективно

использоваться для сварки ответственных швов в атомной энергетике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25616-83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
2. Князьков, В.Л. Повышение эффективности ручной дуговой сварки модулированным током электродами с покрытием за счет автоматической адаптации параметров режима к технологическому процессу // Дис. канд. техн. наук: 05.03.06. М., 2006. 166 с.

УДК 621.791.048:621.039.536.2

## ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ КОРПУСОВ ВВЭР ИЗ СТАЛИ 15X2НМФА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО СОЧЕТАНИЯ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Попова А.В.<sup>1</sup>, Желецкий Д.И.<sup>2</sup>, Шубин О.В.<sup>3</sup>, Котенко О.Н.<sup>4</sup>, Марченко А.А.<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Россия

<sup>5</sup> АО «АЭМ-технологии», Колпино, Россия

<sup>1</sup>popova\_av@atommash.ru; <sup>2</sup>zheletskiy\_di@atommash.ru; <sup>3</sup>shubin\_ov@atommash.ru;

<sup>4</sup>kotenko\_on@atommash.ru; <sup>5</sup>a.marchenko@aemtech.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема снижения сопротивления хрупкому разрушению металла сварных швов корпусов ВВЭР из стали 15X2НМФА, выполненных сварочной проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с высокоактивным плавным флюсом ФЦ-16А. В качестве меры по устранению причин снижения сопротивления хрупкому разрушению, установленных опытным путем, предложено использование нового сочетания сварочных материалов – штатной сварочной проволоки Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с низкоактивным керамическим флюсом 48АФ-71. Проведены исследования в объеме аттестационных испытаний нового сочетания сварочных материалов, которое показало значительное и однозначное преимущество замены плавного флюса на керамический, повысив сопротивление металла шва хрупкому разрушению и, соответственно, увеличить ресурс корпуса реактора.

**Ключевые слова:** дуговая сварка, керамический флюс, металл шва, корпус ВВЭР, ударная вязкость, критическая температура хрупкости, референсная температура.

## INCREASING OF RESISTANCE TO BRITTLE FRACTURE OF THE WELD METAL OF PWR VESSELS MADE OF STEEL 15CR2NIMOVA BY USING A NEW COMBINATION OF WELDING MATERIALS

Popova A.V.<sup>1</sup>, Zheletskiy D.I.<sup>2</sup>, Shubin O.V.<sup>3</sup>, Kotenko O.N.<sup>4</sup>, Marchenko A.A.<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Branch of JSC "AEM Technologies" "Atommash" in Volgodonsk, Russia

<sup>5</sup> JSC "AEM Technologies", Kolpino, Russia

<sup>1</sup>popova\_av@atommash.ru; <sup>2</sup>zheletskiy\_di@atommash.ru; <sup>3</sup>shubin\_ov@atommash.ru; <sup>4</sup>kotenko\_on@atommash.ru;

<sup>5</sup>a.marchenko@aemtech.ru

**Abstract.** The paper considers the problem of increasing of resistance to brittle metal fracture of welds of PWR vessels made of steel 15Cr2NiMoVA made with Sv-09CrMnNiMoTiAA-VI welding wire in combination with highly active fused flux FC-16A. As a measure to eliminate the causes of reduced resistance to brittle fracture, established experimentally, it is proposed to use a new combination of welding materials – standard welding wire Sv-09CrMnNiMoTiAA-VI in combination with low-active ceramic flux 48AF-71. Studies have been conducted in the scope of certification tests of a new combination of welding materials, which showed a significant and unambiguous advantage of replacing fused flux with ceramic, increasing the resistance of the seam metal to brittle fracture and, accordingly, increasing the life of the reactor vessel.

**Keywords:** arc welding, ceramic flux, seam metal, nuclear power plant, PWR vessel, impact strength, critical brittleness temperature, reference temperature.