
**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.791.75

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ
СВАРКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНВЕРТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ПИТАНИЯ**

© 2017 А.В. Сас*, В.Н. Сорокин*, А.В. Чернов**

** Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, Россия*

*** Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Для обеспечения стабильности процесса дуговой сварки в статье рассмотрено использование регулируемого кратковременного введения энергии за счет специальных функций инверторных источников. В работе показана возможность использования информационно-измерительной системы ИНЭМ для оценки параметров этих функций.

Ключевые слова: инверторный источник питания, короткая дуга, корень шва, горячий старт, антиприлипание, форсаж тока.

Поступила в редакцию: 20.02.2017

В настоящее время мы живем в мире технических инноваций, постоянно улучшающих не только сегодняшний технологический уклад, но и облегчающих решение многих актуальных задач. Например, при изготовлении крупногабаритных сварных изделий определенного типа. Выходные показатели их качества и эксплуатационная надежность во многом зависят от составных компонентов сварочного производства, к которым относят – свариваемые и сварочные материалы, технологические процессы сварки, персонал (сварщики и специалисты сварочного производства), а также оборудование.

Задача выбора и поддержания заданного режима сварки, обеспечивающих получение требуемого комплекса свойств сварных конструкций, не всегда имеет очевидное и однозначное решение [1]. Например, при сварке высокопрочных сталей с повышенными свойствами одновременно и по прочности и по пластичности. В данном случае особенность заключается в том, что оптимальные интервалы параметров режима более узкие, чем для обычных конструкционных сталей.

Специфика сварки, имеющая свои особенности и признаки, отличающие ее от других технологических видов производства, обусловлена протеканием при ее выполнении сложных взаимосвязанных нелинейных физико-химических и термомеханических процессов, а также ее зависимости от сопутствующих ей технологических операций. В соответствии с международным стандартом ISO 9000: 2005 (п. 3.4.1) сварка относится к специальным процессам, то есть качество конечной продукции не может быть гарантировано только проведением операционного контроля в процессе её изготовления и финишным тестированием (оценкой) для последующего допуска к эксплуатации.

Следовательно, для гарантированного обеспечения требуемого уровня

эксплуатационных параметров и безопасности сварной конструкции необходима оценка соответствия основных компонентов сварочного производства определенным требованиям технических регламентов и нормативной документации. Необходимо не только определить в состоянии ли предприятие (компания) на имеющихся мощностях выпускать сварочную продукцию, но и обеспечить выполнение данной оценки.

Одной из таких процедур является оценка соответствия выходных параметров современных сварочных источников питания (ИП) данным, приведенным в паспорте (формуляре), т.е. в основном обязательном документе, подтверждающем идентификацию ИП, изготовленного в соответствии с требованиями стандарта или технических условий.

В настоящей статье приведены отдельные результаты оценки функциональных характеристик (опций) инверторных ИП, обеспечивающих технологическую устойчивость дугового процесса. Вид, интенсивность и характер преобразования вводимой энергии – главное, что определяет назначение специальных опций ИП (горячий старт, форсаж, антиприлипание и проч.), позволяющих обеспечить стабильность данного технологического процесса. Именно энергия и способы ее преобразования (для тепловой активации соединяемых поверхностей) являются доминирующими факторами, определяющими характер процесса сварки как физико-химического явления [2].

В работе [3] было показано, что для гарантированного обеспечения требуемого качества процесса сварки при применении многофункциональных инверторных источников, необходимо наличие специального инструмента (аппаратуры) измерения и фиксации с заданной метрологической точностью текущих значений параметров режима, а также наличия и значений параметров специальных функций (дополнительных опций).

Таковыми инструментами являются регистраторы ИНЭМ (стационарные и переносные). С их помощью, с целью определения фактических параметров, в том числе показателей дополнительных опций, выполняются следующие тестовые испытания:

- *сдаточные* (приемные), изготовленных (поступивших) ИП;
- *контрольные* (регламентные), эксплуатируемых ИП;
- *внеплановые*, при наличии отказов ИП, которые проявились в результате сбоя во время их работы.

Здесь необходимо отметить, что нарушение параметров режима, связанное с параметрическими отклонениями ИП, во многих случаях гораздо опаснее по своим последствиям, чем отказ его функционирования (прекращение процесса сварки на какой-то временной период).

Результаты оценки соответствия параметров ИП приведены ниже.

Процесс получения сварных соединений подразделяют на следующие стадии: формирование корня шва, заполнение разделки и выполнение облицовочных проходов.

В качестве информационного дополнения рассмотрим некоторые специфические особенности выполнения корневого прохода. Вначале необходимо возбудить дугу, растянуть ее и некоторое время удерживать на одном месте для прогрева металла притупления стыка. Затем следует постепенно уменьшить дуговой промежуток до момента образования сварочной ванны необходимого размера и последующего поступательного перемещения электрода (проволоки) по стыку. Скорость перемещения при этом определяется по внешнему виду «ниточного» валика, т.е. характером его формирования в разделке.

На особенности сварки корневого прохода существенно влияет тип разделки стыка. При его формировании главной проблемой является обеспечение стабильности

проплавления в условиях переменного зазора между кромками или их смещения, а также других возмущений возникающих при сборке стыка и выполнении прохода.

При отклонении (длительном, кратковременном или периодическом) параметров режима от номинальных, происходит изменение топологии температурного поля в сварочной ванне, что может привести к появлению недопустимых (в той или иной степени) дефектов. Одним из технологических требований к зажиганию дуги и установлению процесса сварки является быстрое нарастание глубины проплавления в начале шва. В этом случае основным фактором является та часть электрической мощности дуги, которая расходуется на плавление электрода и основного металла конструкции.

Необходимо напомнить, что понятие «зажигание» дуги употребляется традиционно в узком и широком смысле этого слова [4]. В первом случае этот термин означает собственно первоначальное зажигание (возбуждение) дуги на начальной стадии процесса сварки. При этом тепловое воздействие на холодный металл сопровождается обрывами дуги. Во втором – обеспечение устойчивого дугового процесса при действии различных возмущений (нестабильности формы капли электродного металла, изменения ее положения на торце электрода, колебание сварочной ванны, падение напряжения на дуге, изменения вылета электрода и проч.). Например, при выполнении отдельных проходов в защитных газовых смесях в узкую (щелевую) разделку без предварительного подогрева, когда требуется осуществлять неоднократное возбуждение дуги при повышенном вылете низколегированных электродных проволок различного диаметра.

Однако во многих случаях необходимо иметь минимальную продолжительность поджига (зажигания) дуги. Поэтому современные инверторные ИП имеют специальную дополнительную функцию «горячий старт».

Горячий старт – это автоматическое кратковременное (2-5с) увеличение тока в момент начала сварки для легкого «поджига» дуги и гарантировано быстрого выхода на нужный уровень температуры металла, т.е. для начала и установления стабильного процесса сварки (рис. 1).

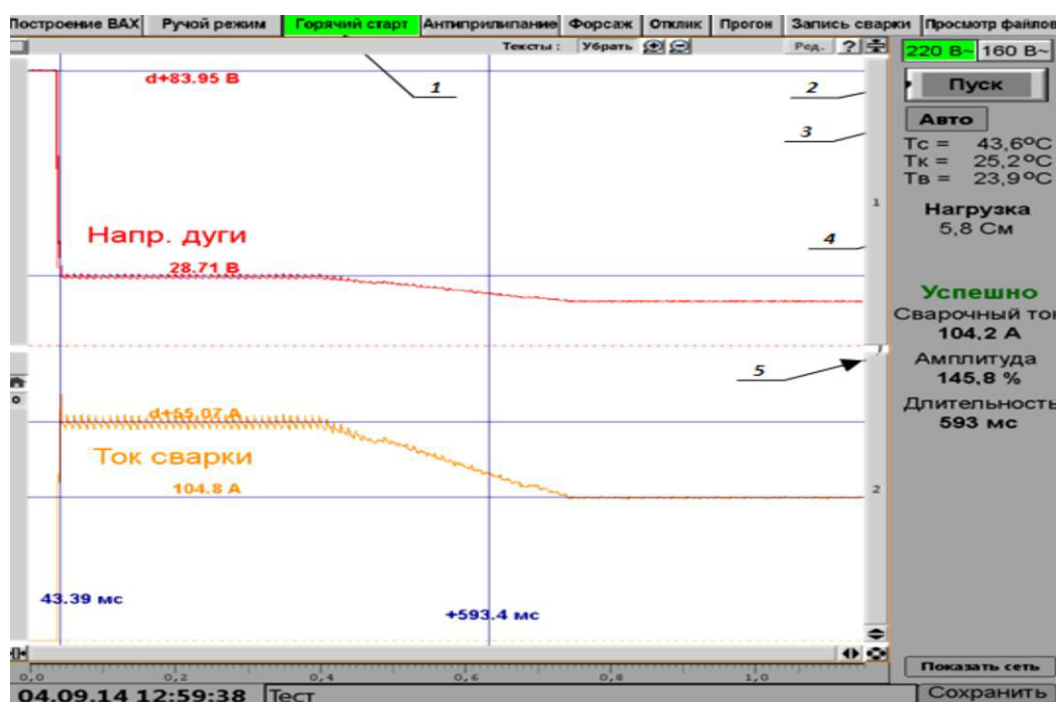


Рис. 1. – Определение параметров функции «Горячий старт»

Горячий старт при ручной дуговой сварке необходим для улучшения начального установления процесса, снижения вероятности возникновения «стартовых» дефектов и обеспечения кратковременного ускоренного плавления электрода независимо от квалификации сварщика, что обеспечивает повышение тепловой мощности дуги и кристаллизацию шва без каких-либо дефектов.

Если при данном способе сварки стабильность горения дуги в значительной степени зависит от квалификации сварщика, то при механизированной (с частыми периодическими замыканиями дугового промежутка) – в основном от свойств системы: «источник питания – привод подачи электродной проволоки – дуга». Но в обоих случаях нельзя гарантировать стабильность процесса.

Для обеспечения стабильности процесса сварки при дальнейшем заполнении разделки с учетом различных пространственных положений стыка часто используют опцию «Форсаж дуги» (рис. 2).

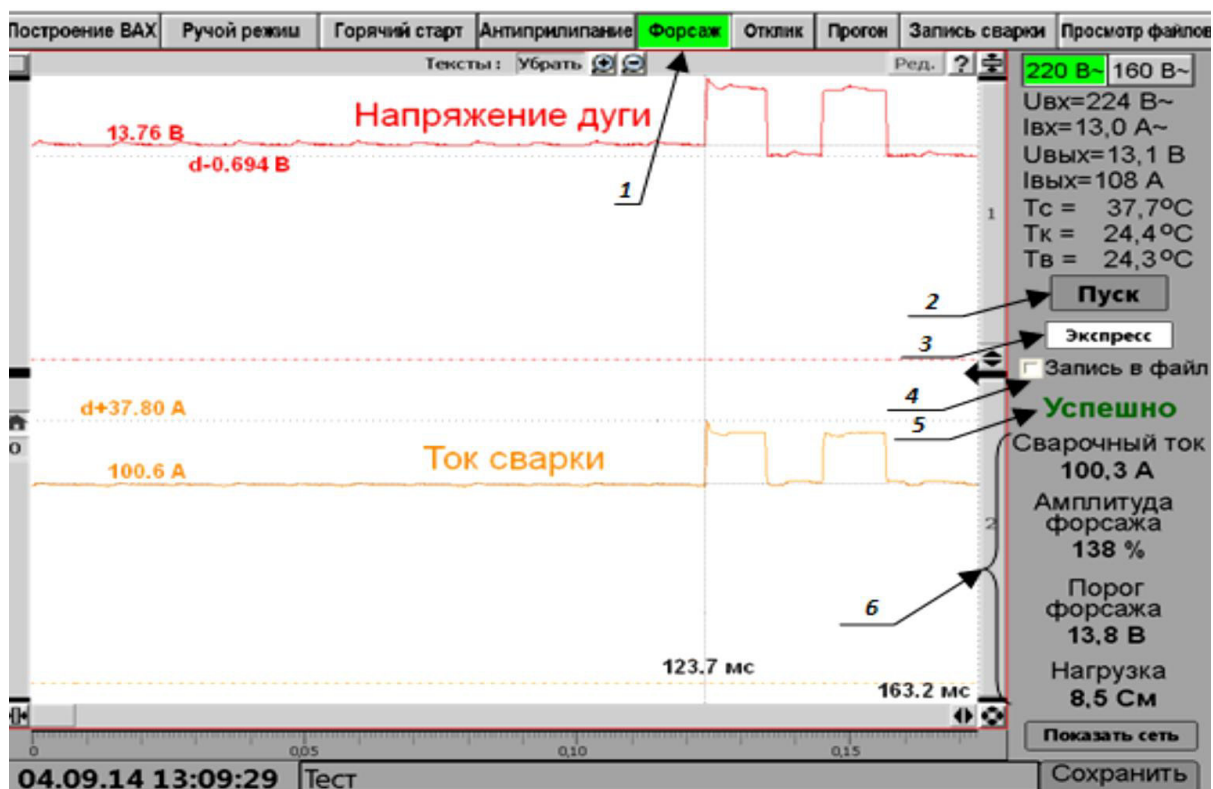


Рис. 2. – Определение параметров функции «Форсаж дуги»

Форсаж дуги – быстрое кратковременное повышение тока («наброс») в тот момент, когда напряжение на дуге становится меньше заданного (рабочего) порога, т.е. быстрый переход между разными рабочими режимами мощности в заданном температурном интервале. Наброс тока способствует отделению капли электродного металла, предотвращает прилипание электрода, при этом напряжение на дуге возвращается к рабочему. Время действия форсажа принимается в диапазоне 0,0 – 2,0 с (с шагом 0,1 с).

В процессе сварки короткой дугой при минимальных значениях сварочного тока происходит отделение капли металла от электрода. Короткая дуга обеспечивает самую низкую погонную энергию сварки, т.к. фаза горения дуги прерывается фазами короткого замыкания.

В инверторе с функцией форсаж, происходит автоматическое увеличение величины сварочного тока на очень короткий промежуток времени, что снижает

вероятность физического контакта электрода с поверхностью стыка в процессе прохода.

Данная функция так же позволяет менять такой параметр, как "жесткость" дуги. Этим можно добиться либо более "мягкой" дуги, которая обеспечит малое разбрызгивание при мелкокапельном переносе, либо, увеличив параметр форсирования, получить глубокое проплавление сварного шва.

Таким образом, регулируемая функция «Форсаж дуги» обеспечивает стабильность процесса горения.

Но здесь необходимо обратить внимание еще на один сопутствующий момент: при резком сокращении длины дуги электрод (проволока) может привариться (залипнуть) к поверхности металла. Дуга прерывается, процесс сварки нарушается.

В начале сварки, когда требуется зажечь дугу, или в процессе ее выполнения может происходить прилипание электрода к разделке стыка. В таком случае инвертор, оснащенный функцией антиприлипания, обеспечивает автоматическое снижение сварочного тока. После отрыва залипшего электрода, осуществляется возобновление установленных параметров режима (рис. 3).

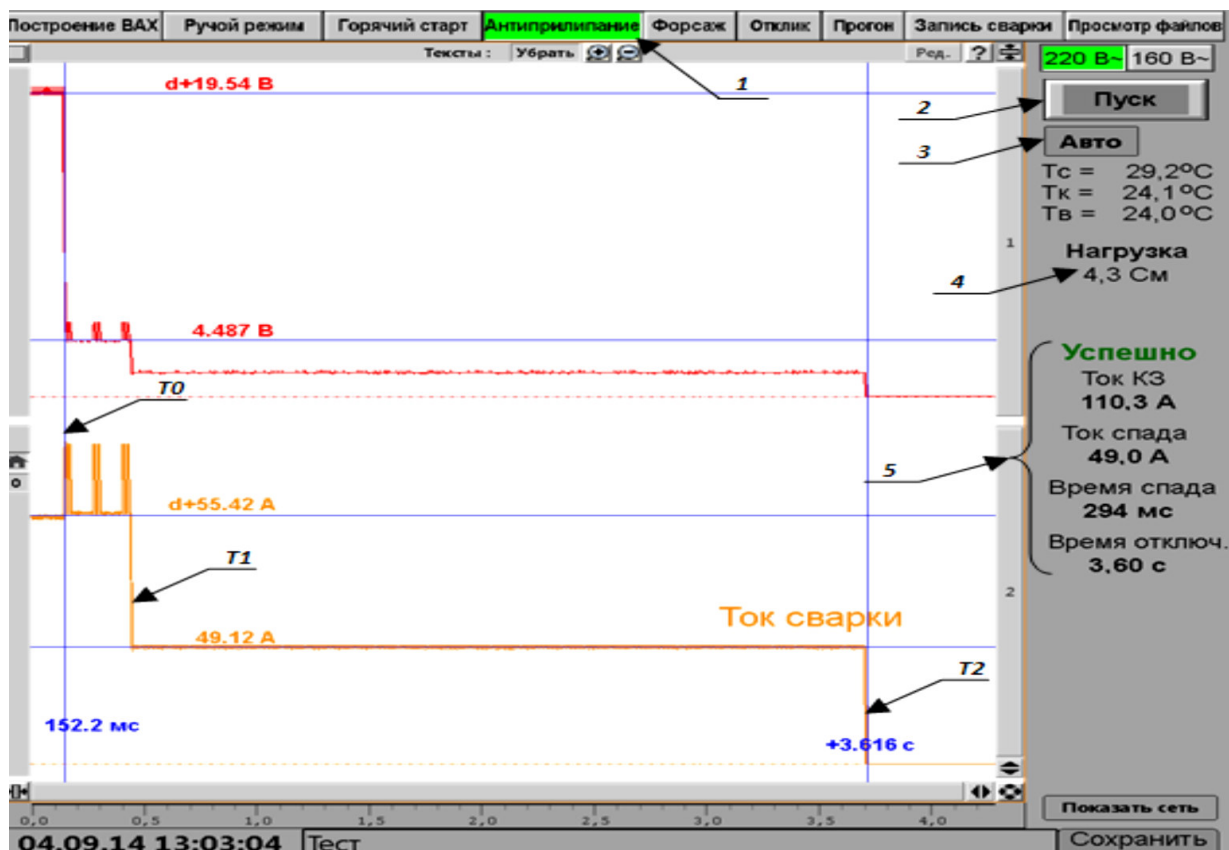


Рис 3. – Определение параметров функции «Антиприлипание»

Отрывание электрода и последующее возбуждение дуги или ее удлинение с целью предотвращения «примерзания» почти всегда сопровождается образованием дефектов в шве из-за ухудшения газовой защиты расплавленного металла. Особенно при сварке в монтажных условиях, когда наряду с обычными, назначают относительно малые сварочные токи. В этом случае для предотвращения данного явления необходимо обеспечить мелкокапельный перенос металла за счет уменьшения значений времени КЗ.

Таким образом, сочетание приведенных специальных опций позволяет повысить

устойчивость дуги (эластичность), динамику формирования сварочной ванны и качество сварных соединений, в том числе и при недостаточной квалификации сварщика (т.е. позволяет существенно снизить влияние субъективного человеческого фактора)[5].

Сварщик, как активное и главное звено выполнения процесса сварки и его контроля, является одной из основных причин образования дефектов в сварных соединениях. Но качество выполняемых им работ зависит не только от уровня его квалификации, но и от наличия в специализированных сварочных источниках питания дополнительных функций.

При этом необходимо учитывать, что по технологическому признаку можно выделить следующие группы электродов:

- для сварки корневого слоя шва стыков труб и листовых конструкций с постоянной линейной скоростью и гарантированным проплавлением;
- для сварки с дозированным тепловложением за счет исключения коротких замыканий капли с поверхностью (зеркалом) сварочной ванны;
- с повышенной скоростью плавления (с высоким коэффициентом наплавки).

Пример записи процесса сварки, выполненной рутиловым электродом, приведен на рис. 4.

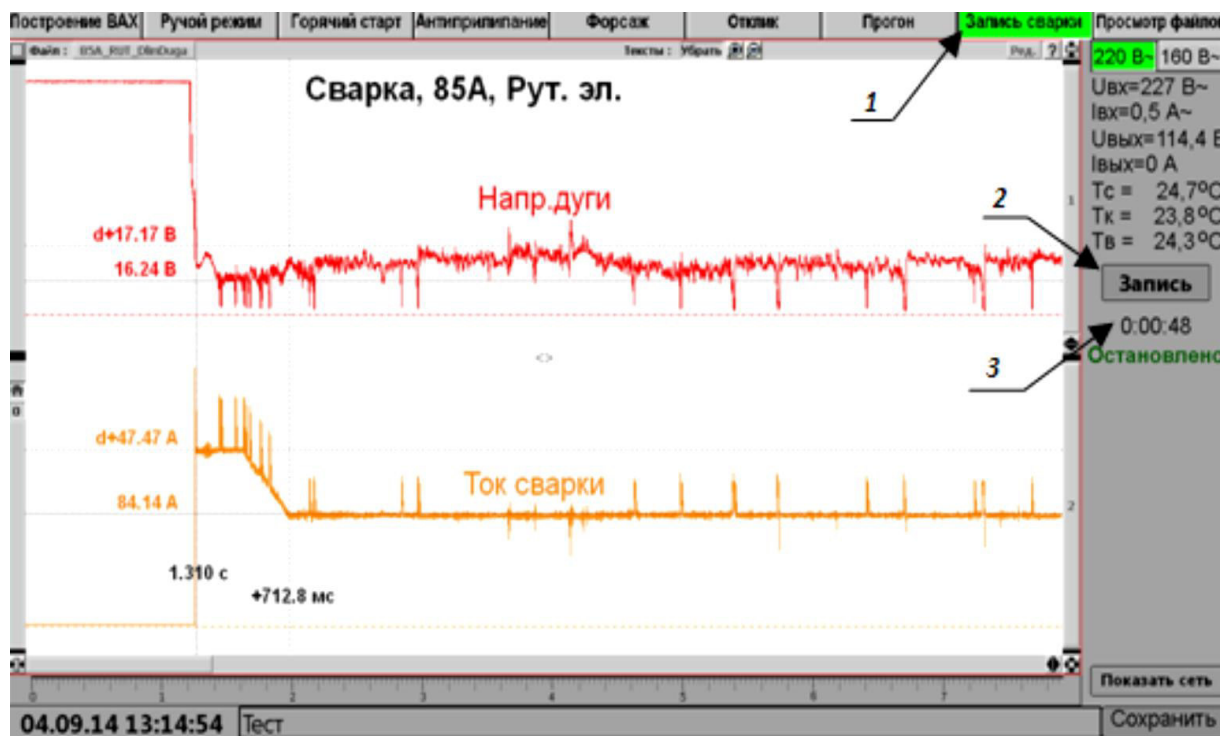


Рис. 4. – Запись сварочного процесса, выполненного электродом с рутиловым покрытием

Пример просмотра записанной осциллограммы процесса сварки выполненной электродом с основным покрытием, приведен на рис. 5.

Электроды с основным покрытием (В) характеризуются легким первичным и повторным возбуждением дуги. Но большинство таких электродов характеризуется крупнокапельным переносом металла, ухудшающим качество шва вследствие возможного их «примерзания» к поверхности свариваемого стыка.

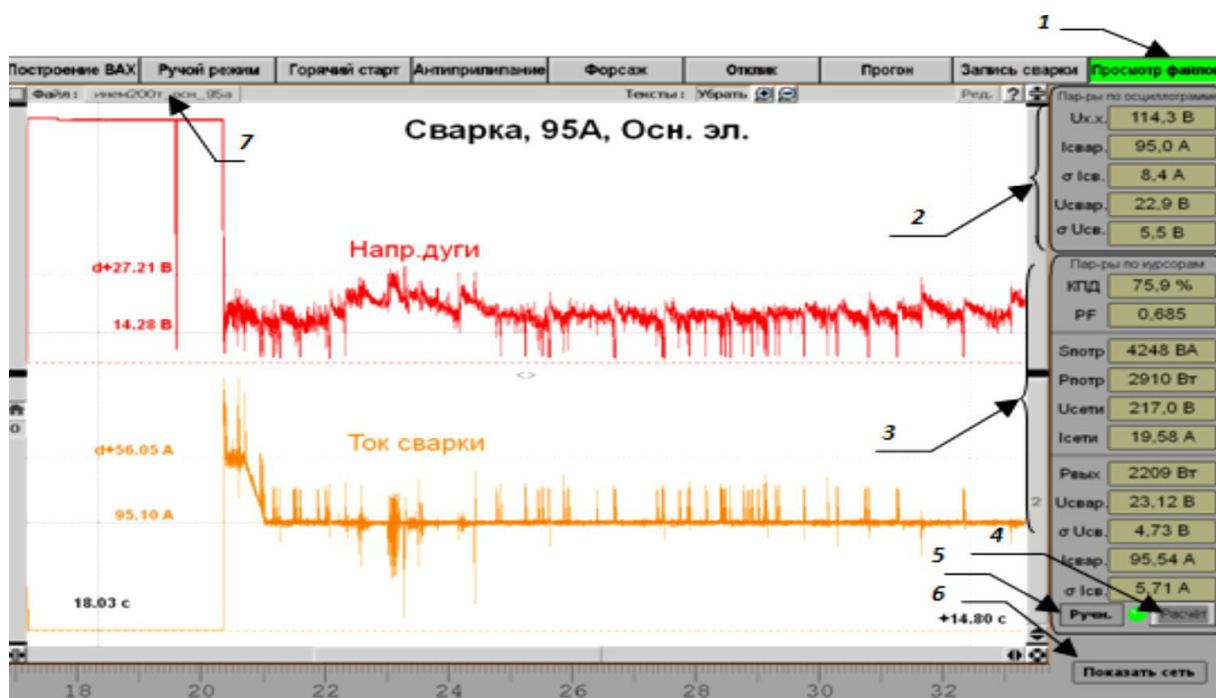


Рис 5. – Просмотр процесса сварки, выполненного электродом с основным покрытием

ВЫВОДЫ

1) Регулируемое кратковременное введение энергии за счет специальных функций способствует управляемому переносу электродного металла в сварочную ванну, стабилизации её параметров, а также может значительно снизить риски возникновения недопустимых дефектов в сварных соединениях, выполняемых сварщиками с недостаточной квалификацией.

2) Оценка специализированных источников питания на всех этапах производства сварных конструкций с применением информационно-измерительной системы ИНЭМ позволяет исключить использование установок необеспечивающих требуемую стабильность процесса сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладков, Э.А. и др. Автоматизация сварочных процессов [Текст] / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 421 с.: ил.
2. Лебедев В.А. и др. Алгоритм управления инверторными источниками сварочного тока для оптимизации параметров переноса электродного металла [Текст] / В.А. Лебедев, М.С. Сорокин, А.А. Белов // Сварочное производство. – 2013. – №12. – С. 3–8.
3. Сас, А.В. и др. Регистрация характеристик инверторных источников питания [Текст] / А.В. Сас, М.А. Островский // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – №2(19). – С. 29–32.
4. Сагиров, Х.Н. и др. Зажигание сварочной дуги [Текст] / Х.Н. Сагиров, Н.Г. Дюргеров, И.С. Морозкин. – Ростов-на Дону: Гефест, 1999. – 200 с.
5. Сас, А.В. и др. Основы создания системы эффективной подготовки высококвалифицированных операторов ручной дуговой сварки [Текст] / А.В. Сас, Б.П. Грузинцев // Сварочное производство. – 2013. – №12. – С. 47–49.

REFERENCES

- [1] Gladkov E.A., Brodiagin V.N., Perkovskii R.A. Avtomatizatsiia svarochnykh protsessov [Automation of welding processes]. M. Pub. Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana [Bauman MSTU publishing house], 2014, ISBN 978-5-7038-3861-7, 421 p. (in Russian)

- [2] Lebedev V.A., Sorokin M.S., Belov A.A. Algoritm upravleniia invertornymi istochnikami svarchnogo toka dlia optimizatsii parametrov perenosa elektrodnogo metalla [Control algorithm of inverter sources of welding current for parameter optimization of electrode metal transfer]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding Fabrication], 2013, №12, ISSN 0491-6441, pp. 3–8. (in Russian)
- [3] Ostrovskii M.A. Registratsiia kharakteristik invertornykh istochnikov pitaniia [Registration of inverter power supply characteristics]. Globalnaia iadernaia bezopasnost [Global nuclear safety], 2016, №2(19), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp. 29–32. (in Russian)
- [4] Sagirov Kh.N., Diurgerov N.G., Morozkin I.S. Zazhiganie svarochnoi dugi [Ignition of a welding arch]. Rostov-on-Don. Pub. Gefest [Gefest], 1999, ISBN 5-87442-183-1, 200 p. (in Russian)
- [5] Sas A.V., Gruzintsev B.P. Osnovy sozdaniia sistemy effektivnoi podgotovki vysokokvalifitsirovannykh operatorov ruchnoi dugovoi svarki [Bases of effective training system creation of highly skilled operators of manual arc welding]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding Fabrication], 2013, №12, ISSN 0491-6441, pp. 47–49. (in Russian)

Ensuring the Stability of Arc Welding Processes Using Inverter Power Source

A.V. Sas^{*1}, V.N. Sorokin^{*2}, A.V. Chernov^{**3}

** Gubkin Russian State University (NRU) of Oil and Gas,
65/1 Leninsky avenue. Moscow, Russia 119991*

e-mail: svarka@gubkin.ru

¹ ORCID ID: 0000-0001-7894-8131

Wos Researcher ID: F-8402-2017;

² ORCID ID: 0000-0003-0237-6065

Wos Researcher ID: G-2086-2017

*** Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

e-mail: AVChernov@mephi.ru

³ ORCID ID: 0000-0002-6126-7724

WoS Researcher ID: G-3742-2017

Abstract – Article considers use of adjustable short-term introduction of energy due to special functions of inverter sources for ensuring stability of arc welding process. The possibility of use of the IECM information and measuring system for an assessment of parameters of these functions is shown.

Keywords: inverter power source, a short arc, weld root, hot start, anti-sticking, current forcing.