

УДК 621.791.75

А.В. Сас, д.т.н., профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина; **М.А. Островский**, к.т.н., начальник отдела ОАО «ИНЭУМ» им. И.С. Брука; **О.Е. Капустин**, д.т.н., профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

Контроль и управление параметрами режима ручной дуговой сварки

Развитие современных цифровых технологий управления инверторными источниками питания и регистрации энергетических параметров позволяет обеспечить разработку высококачественных российских технологических процессов ручной дуговой сварки как плавящимся электродом, так и в среде защитного газа.

Ключевые слова: инверторные источники, цифровые технологии управления и регистрации, горячий старт, форсаж дуги, антистикинг, импульсный режим, выбор электрода.

Совокупность требований к качеству сварных соединений различных конструкций зависит от очень многих факторов, в первую очередь – от степени ответственности и условий эксплуатации сварной конструкции. Действие различных технологических возмущений в ходе выполнения процесса сварки приводит к отклонению значения показателей качества сварного соединения от нормы и к необходимости корректировки текущих значений тепловой энергии.

Для процессов дуговой сварки основным инструментом управления параметрами тепловой энергии являются источники питания. Современные инверторные источники позволяют реализовать практически любой закон изменения параметров режима, в т.ч. и управляемый капельный перенос расплавленного электродного материала. Большое внимание уделялось и уделяется вопросам управления переносом электродного металла при механизированной дуговой сварке [1, 2].

Развитие цифровых технологий управления инверторными источниками, проведенный комплекс исследований по управлению переносом электродного металла при сварке в углекислом газе дали возможность отработать технологию сварки в различных пространственных положениях при минимизации



энергетических затрат и потерь электродного металла с получением швов высокого качества [3].

В настоящее время до 30% электросварочных работ при строительстве, монтаже и ремонте на предприятиях энергетического комплекса выполняется с помощью ручной дуговой сварки (РДС). Качество сварки при этом обеспечивается в основном за счет высокой квалификации сварщика. Однако в настоящий момент промышленность нашей страны, в т.ч. предприятия топливно-энергетического комплекса, испытывает острый дефицит высококвалифицированных сварщиков.

Есть два пути повышения качества ручной дуговой сварки. Во-первых, за счет

создания эффективной системы подготовки высококвалифицированных электросварщиков [4]. А во-вторых, за счет использования регулируемых функциональных характеристик источников питания и оперативного управления параметрами режима при действии возмущений в ходе выполнения процесса, что позволяет обеспечивать требуемый уровень качества при более низкой квалификации сварщика.

Однако вопросам использования цифровых технологий управления источниками питания при ручном способе сварки, позволяющих оптимальным образом управлять и корректировать при действии возмущений текущие значения тепловой энергии и перенос

Таблица. Функции инверторных источников питания, используемых при РДС

Функция	ИНЭУМ 200Т	Selco Genesis-2000	Stel MAX Pd 201	Lincoln Electric Invertec 2055	EWM PICO-180 2055	Esab Caddi ARC 2011	Fronius Trans pocket-1500 VRD
Максимальный ток	200А	200А	200	200А	180А	170А	150А
Регулировка горячего старта	Амп	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет
	Время	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Регулировка форсажа дуги	Амп	Да	Да	Да	Да	Да	Да
	Порог	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
БСН	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Да
Регулировка обрыва дуги	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Выбор электрода	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да*
Сварка алюминия	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Импульсный режим ММА	Да	Нет	Да**	Нет	Нет	Нет	Нет
Защита от 380В	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Вес, кг	5,5	10	6,3	14	8,9	8,3	4,7
Цена, руб.	26500	80000	36000	70000	53000	55000	32000

* Только основной и целлюлозный.

** Только частота.

электродного металла, уделяется недостаточно внимания.

Для реализации преимуществ, предоставляемых современными технологиями управления при ручной дуговой сварке, необходимо иметь источники с возможностью оперативной настройки функциональных характеристик, а кроме того – устройство, позволяющее измерять и регистрировать значения этих характеристик, а также текущие значения параметров режима.

Цифровые технологии в инверторных источниках позволяют обеспечивать не только традиционные функциональные характеристики, такие как статическая вольтамперная характеристика, задаваемая в зависимости от статической вольтамперной характеристики дуги конкретного технологического процесса; снижение величины холостого хода до безопасного уровня; защита от перегрева силовых элементов источника с автоматическим возвращением в рабочее состояние после их остывания и др.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОЗВОЛЯЮТ РЕАЛИЗОВЫВАТЬ ТАКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КАК:

- «горячий старт» – для облегчения зажигания дуги путем регулируемого кратковременного увеличения тока в начале процесса;

- форсаж дуги – наброс тока для предотвращения залипания электрода в момент, предшествующий отделению капли, когда напряжение дуги становится ниже определенного порога (амплитуда наброса и устанавливаемый порог срабатывания зависят от типа электрода);
- антистикинг – сброс тока до минимального при прилипании электрода с автоматическим возвращением в рабочее состояние при устранении короткого замыкания;
- принудительный обрыв дуги – гашение дуги при снижении напряжения ниже заданного, когда, например, нужно быстро изменить место сварки;
- импульсный режим – задание и регулировка параметров импульсов (амплитуды, длительности, частоты) для обеспечения энергетических параметров дуги при сварке, например, алюминия, тонколистовых конструкций и других (в том числе – потолочных и вертикальных швов и т.д.);



- выбор электрода – установка параметров источника питания (статической вольтамперной характеристики, горячего старта, форсажа дуги, антистикинга и др.) в зависимости от используемого типа электрода (с рутиловым, основным и целлюлозным покрытием, для сварки алюминия, чугуна и нержавеющей стали);

- запоминание сварочных программ – сохранение в памяти источника настроек параметров, подобранных для определенного типа работ, что позволяет в дальнейшем их устанавливать по запомненному номеру настройки;
- запоминание архива событий – сохранение в памяти источника общего времени включения аппарата, суммарного времени сварки, гистограмм уставок тока, количества коротких замыканий, количества перегревов и др.

Обзор современных инверторных источников для ручной дуговой сварки как плавящимся электродом, так и в среде защитного газа показал (табл.), что состав функциональных характеристик источников даже у мировых брендов ограничен. А расширение состава функциональных характеристик у импортных источников приводит к существенному повышению их стоимости. Вполне вероятно, что иностранные производители не заинтересованы в развитии высококачественных рос-

сийских технологий. В этом плане для обеспечения качественной сварки при отработке российских технологий намного предпочтительнее применять обладающий всеми функциональными характеристиками отечественный инверторный источник «ИНЭУМ 200Т». Как отмечалось выше, для реализации преимуществ, предоставляемых современными технологиями управления при ручной дуговой сварке, кроме источников питания с рассмотренным широким набором регулируемых функциональных характеристик необходимо устройство, позволяющее измерять и регистрировать значения этих характеристик, а также текущие значения параметров режима.

Для реализации этой задачи в академическом институте РАН ОАО «ИНЭУМ» им. И.С. Брука был разработан регистратор, позволяющий:

- измерять вольтамперную характеристику источника при различных значениях входного напряжения с автоматическим определением максимального или минимального сварочного тока;



- записывать осциллограммы «горячего старта» и определять его параметры (амплитуду и длительность);
- определять параметры форсажа дуги (амплитуду и порог срабатывания);
- записывать осциллограммы для определения параметров антистикинга (времени срабатывания и тока короткого замыкания);
- тестировать источники под нагрузкой и определять ПН (%);
- записывать и статистически обрабатывать осциллограммы параметров режима технологических процессов;
- измерять активную, реактивную и полную потребляемую мощность с расчетом коэффициента мощности и др.

Вывод

Разработаны российский инверторный источник питания с широким набором регулируемых функциональных характеристик и российское устройство, измеряющее и регистрирующее значения этих характеристик, а также текущие значения параметров режима. Это позволяет использовать преимущества современных цифровых технологий управления при разработке различных технологических процессов ручной дуговой сварки и обеспечить высокое качество свариваемых конструкций даже при более низкой квалификации электросварщиков.

Литература:

1. Сараев Ю.Н. Управление переносом электродного металла при сварке в CO₂ с короткими замыканиями дугового промежутка: Обзор // Автоматическая сварка. – 1988. – № 12. – С. 16–23.
2. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Микитин Я.И. Способ комбинированного управления процессом переноса электродного металла при механизированной дуговой сварке // Сварочное производство. – 2006. – № 8. – С. 27–32.
3. Лебедев В.А., Сорокин М.С., Белов А.А. Алгоритм управления инверторными источниками сварочного тока для оптимизации параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. – 2013. – № 12. – С. 3–8.
4. Сас А.В., Грузинцев Б.П. Основы создания системы эффективной подготовки высококвалифицированных операторов ручной дуговой сварки // Сварочное производство. – 2013. – № 12. – С. 47–49.

UDC 621.791.75

A.V. Sas, Doctor of Engineering, professor of RSU of oil and gas the name I.M. Gubkin; **M.A. Ostrjvsky**, Candidate of Technical Sciences, OJSC «IECM» the name I.S. Bruka; **O.E. Kapustin**, Doctor of Engineering, professor of RSU of oil and gas the name I.M. Gubkin

Monitoring and control parameters of arc welding

The development of modern control inverter power sources and registration of power parameters allows for the development of high-quality Russian technological processes manual arc welding with consumable electrode, and shielding gas.

Keywords: inverter, digital technology sources management and registration, hot start, fast and furious arc, antisticking, pulse mode, electrode selection.

References:

1. Saraev Y.N. Upravlenie perenosom elektrodnoogo metalla pri svake v CO₂ s korotkimi zamykaniyami dugovogo promezhutka (Sheds of electrode metal transfer control in welding in CO₂ with short-circuiting arc gap): review // Automatic welding. – 1988. – No. 12. – P. 16–23.
2. Paton B.E., Lebedev V.A., Mikitin Ya.I. Sposob kombinirovannogo upravleniya protsessom perenosa elektrodnoogo metalla pri mekhanizirovannoi dugovoi svarke (Way to the combined control of electrode metal transfer process when mechanized arc welding) // Welding industry. – 2006. – No. 8. – P. 27–32.
3. Lebedev V.A., Sorokin M.S., Belov A.A. Algoritm upravleniya invertornymi istochnikami svarochnogo toka dlya optimizatsii parametrov perenosa elektrodnoogo metalla (Control inverter welding power sources for electrode metal transfer parameters optimization) // Welding industry. – 2013. – No. 12. – P. 3–8.
4. Sas A.V., Gruzincev B.P. Osnovy sozdaniya sistemy effektivnoi podgotovki vysokokvalifitsirovannykh operatorov ruchnoi dugovoi svarki (Bases of creation of effective training of highly qualified operators manual arc welding) // Welding production. – 2013. – No. 12. – P. 47–49.