

# КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ЭЛЕКТРОДНЫМИ ПРОВОЛОКАМИ

И. А. РЯБЦЕВ, В. Г. СОЛОВЬЕВ, Ю. Н. ЛАНКИН, А. А. БАБИНЕЦ

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Разработана компьютерная система автоматического управления процессами дуговой наплавки электродными проволоками. Использование компьютерной системы на соответствующем наплавочном оборудовании дает возможность оператору выполнять выбор способа дуговой наплавки (под флюсом, открытой дугой или в защитных газах); выбор типа электродного материала, его марки и размеров; задавать, автоматически поддерживать, контролировать и запоминать заданные параметры режимов наплавки детали, обеспечивающие необходимые эксплуатационные свойства и геометрические размеры наплавляемых слоев. По мере накопления соответствующих баз данных по наплавке деталей различного назначения, размеров и конфигурации, использование разработанной компьютерной системы управления существенно повысит эффективность процессов дуговой наплавки. Библиогр. 9, рис. 4.

*Ключевые слова:* дуговая наплавка, автоматизация процессов наплавки, технология наплавки, компьютерные системы управления наплавкой, энергоемкость наплавки

Современный уровень автоматизации процессов наплавки предполагает создание соответствующих компьютерных систем задания и управления параметрами процесса в реальном времени, анализа, обработки и, при необходимости, автоматической коррекции значений этих параметров с учетом их влияния на глубину проплавления, долю основного металла (ДОМ) в наплавленном металле, а также на формирование наплавленных слоев, их размеры и качество.

Создание эффективных средств автоматизации процессов наплавки за счет разработки методов управления и контроля проплавлением основного металла и формированием наплавленных слоев позволит существенно повысить качество сварного соединения, эксплуатационные свойства наплавленного металла и производительность наплавочных работ, а также снизить энергоемкость процессов наплавки.

Для дуговой наплавки такие системы в зависимости от конструкции, степени износа и эксплуатационных требований к наплавляемым деталям должны обеспечивать:

- выбор способа дуговой наплавки (под флюсом, открытой дугой или в защитных газах);
- выбор типа электродного материала (сплошная или порошковая проволока; холоднокатаная или порошковая лента), его марки и размеров (диаметр, сечение);
- задание и автоматическое поддержание заданных электрических и механических (скорость наплавки, вылет электродной проволоки) параметров режимов наплавки, обеспечивающих необ-

ходимые геометрические размеры наплавляемых слоев;

- отметку случайных или преднамеренных отклонений от заданных режимов наплавки;
- накопление соответствующих баз данных, запоминание и последующее использование оптимальных режимов наплавки конкретных деталей.

Имеющийся опыт [1–3] показывает, что современный уровень развития компьютерной техники позволяет успешно решать эти проблемы.

Основной объем информации, который используется для оценки различных составляющих технологического процесса дуговой наплавки, получают в результате анализа сигналов тока  $I_n$  и напряжения  $U_d$ . Другие параметры процесса, как правило, имеют меньшее значение.

Для получения необходимой информации непосредственно от контролируемого объекта (наплавляемой детали), визуализации, регистрации выходных данных и обработки этой информации используются различные информационно-измерительные системы (ИИС) [4–9].

Авторами статьи с использованием компьютерной информационно-измерительной системы (КИИС) [3], разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона, были проведены систематические исследования влияния электрических параметров различных способов дуговой наплавки порошковой проволокой на стабильность процесса, проплавление основного металла и формирование наплавленных слоев [2]. КИИС обеспечивает контроль и регистрацию следующих параметров процесса наплавки:

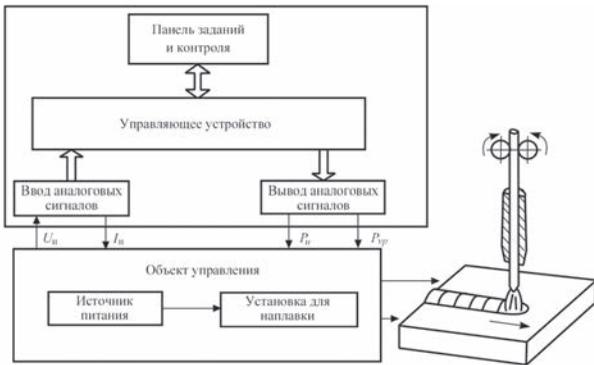


Рис. 1. Структурная схема компьютерной системы автоматического управления дуговой наплавкой ( $U_n, I_n$  — значения действующего напряжения и тока наплавки;  $P_u, P_{вр}$  — положения регулятора выходного напряжения источника тока и регулятора скорости подачи электродной проволоки на пульте управления)

- ввод заданий на напряжение дуги  $U_{дз}$  и тока дуги  $I_{дз}$ ;
- текущие значения напряжение дуги  $U_d(t)$ ;
- текущие значения тока дуги  $I_d(t)$ ;
- средние за время наплавки напряжение дуги  $\bar{U}_d$  и ток дуги  $\bar{I}_d$ ;
- индикацию рабочей зоны аппроксимирующих функций (в параметрах  $\bar{U}_d$  и  $\bar{I}_d$ ), обеспечивающей точность аппроксимации по напряжению  $\pm 1$  В и току  $\pm 10$  А.

В результате исследований был накоплен банк данных по различным способам и технологиям дуговой наплавки порошковыми проволоками и их влиянию на глубину проплавления и ДОМ в наплавленном, а также на размеры наплавляемых валиков. На базе КИИС и накопленного банка данных была разработана компьютерная система автоматического управления технологиями дуговой наплавки.

Структурная схема предложенной компьютерной системы управления представлена на рис. 1.

Как видно из этой схемы, панель заданий и контроля позволяет вводить и в процессе наплавки контролировать данные режимов выбранно-

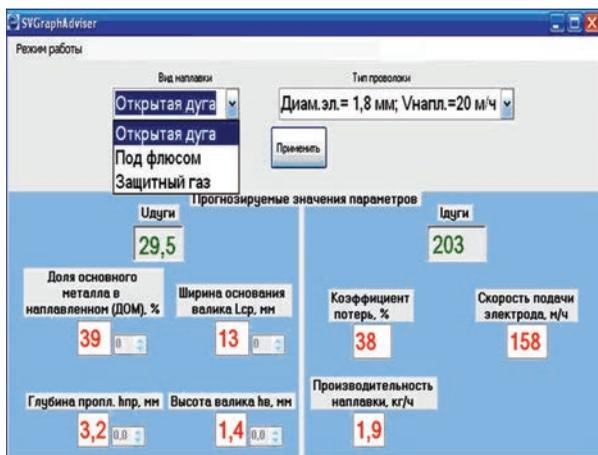


Рис. 2. Вид экрана компьютера при выборе способа наплавки

го способа дуговой наплавки конкретной детали. Эти данные затем автоматически переводятся в управляющее устройство наплавочной установкой. Из управляющего устройства аналоговый сигнал поступает непосредственно на наплавочную установку и источник питания. После включения процесса наплавки конкретной детали компьютерная система устанавливает для нее заданный режим по току и напряжению. В процессе наплавки от объекта управления (наплавочная установка и источник питания) в управляющее устройство поступает сигнал о текущих значениях тока и напряжения наплавки. В случае отклонения этих значений от заданных, система производит их соответствующую корректировку.

В зависимости от поставленной задачи, система позволяет оператору решать разные задачи при настройке режимов автоматической дуговой наплавки конкретной детали. Так, например, в том случае, если оператор вводит в компьютерную систему данные о способе дуговой наплавки, выбранном диаметре электродной проволоки и режимах наплавки, то он получает от системы данные о возможных размерах наплавляемого валика (ширине, высоте, глубине проплавления), ДОМ в наплавленном металле, производительности наплавки, коэффициенте потерь (рис. 2–4).

Или, наоборот, если оператор вводит в систему заданные по требованиям чертежа наплавляемой детали геометрические характеристики наплавляемого валика и ДОМ, то он получает от системы данные об электрических параметрах режима наплавки, которые обеспечат получение таких характеристик.

В компьютерной системе введен порядок приоритетов для задания параметров выплавляемого валика. В частности, в первом случае приоритетными при выборе приняты такие параметры как «Вид наплавки» и «Диаметр порошковой про-

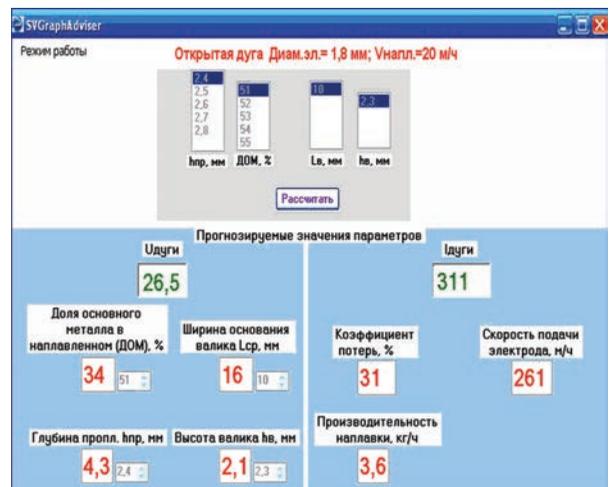


Рис. 3. Вид экрана компьютера при выборе диаметра электродной проволоки



Рис. 4. Вид экрана компьютера с заданными режимами наплавки открытой дугой порошковой проволокой диаметром 1,8 мм и прогнозируемыми характеристиками процесса наплавки и геометрическими размерами наплавляемых валиков локи» (см. рис. 2, 3). Затем выбираются режимы наплавки (см. рис. 4). Перечень значений выбираемых параметров ограничивается пределами «Допустимости режимов наплавки» от 0,85 до 1,0, которые выбраны по результатам экспериментальных исследований и занесены в банк данных. В случае производственной необходимости пределы «Допустимости режимов наплавки» могут быть расширены до минимального значения 0,25, но при этом не следует ожидать наплавленных валиков с хорошим формированием.

После расчета система выдает прогнозируемые характеристики процесса наплавки (коэффициент потерь и производительность наплавки) и геометрические размеры наплавляемых валиков.

Следует отметить, что опыт разработки компьютерной системы управления процессами дуговой наплавки показал, что при создании таких систем необходимо учитывать электрические характеристики конкретной наплавочной установки и источника питания. В комплекс этих характеристик должны входить характеристики сварочного источника, электрические характеристики соединительных кабелей и электрические параметры соединений на самой установке, включая сопротивление контакта изделия с установкой.

## Выводы

Разработана и в лабораторных условиях опробована компьютерная система автоматического управления процессами дуговой наплавки электродными проволоками. Использование компьютерной системы на соответствующем наплавочном оборудовании дает возможность оператору-наплавщику выполнять выбор способа дуговой наплавки (под флюсом, открытой дугой или в защитных газах); выбор типа электродного материала, его марки и размеров; задавать, автоматически поддерживать, контролировать и запоминать заданные параме-

тры режимов наплавки конкретной детали, обеспечивающие необходимые геометрические размеры наплавляемых слоев.

## Список литературы

1. Демченко В. Ф., Козлитина С. С., Рябцев И. А. (1998) Компьютерная система проектирования технологий дуговой наплавки. *Автоматическая сварка*, **11**, 61–66.
2. Ланкин Ю. Н., Рябцев И. А., Сольвьев В. Г. и др. (2014) Влияние электрических параметров дуговой наплавки порошковой проволокой на стабильность процесса и проплавление основного металла. *Там же*, **9**, 27–32.
3. Рябцев И. А., Ланкин Ю. Н., Сольвьев В. Г. и др. (2015) Компьютерная информационно-измерительная система для исследования процессов дуговой наплавки. *Там же*, **9**, 34–38.
4. Adolffson S., Babrami A., Bolmsjö G., Claesson I. (1999) On-Line Quality Monitoring in Short-Circuit Gas Metal Arc Welding. *Welding Journal*, **2**, 59–73.
5. Kóveš A., Golob M. (2002) Fuzzy Logic Based Quality Monitoring in Short-Circuit Gas Metal Arc Welding. *IIV Doc. XII-1712-02*.
6. Wu C. S., Polte T., Rehffeldt D. A. (2001) Fuzzy Logic System for Process Monitoring and Quality Evaluation in GMAW. *Welding Journal*, **2**, 33–38.
7. Походня И. К., Миличенко С. С., Горпенюк В. Н. и др. (1987) Влияние строения и коэффициента массы электродного покрытия основного вида на стабильность горения дуги при сварке. *Автоматическая сварка*, **8**, 32–35.
8. Ye. Feng et al. On-Line Quality Monitoring in Robot Arc Welding Process. *IIV Doc.212-994-01*.
9. Походня И. К., Фарпенюк В. Н., Миличенко С. С.. (1990) *Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов*. Походня И. К. (ред.), Киев, Наукова думка.

И. О. Рябцев, В. Г. Соловйов, Ю. М. Ланкин, А. А. Бабинець

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.  
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСІВ ДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДНИМИ ДРОТАМИ

Розроблено комп'ютерну систему автоматичного управління процесів дугового наплавлення електродними дротами. Використання комп'ютерної системи на відповідному наплавляльному обладнанні дає можливість оператору виконувати вибір способу дугового наплавлення (під флюсом, відкритою дугою або в захисних газах); вибір типу електродного матеріалу, його марки і розмірів; задавати, автоматично підтримувати, контролювати і запам'ятовувати задані параметри режимів наплавлення деталі, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості і геометричні розміри шарів, що наплавляються. У міру накопичення відповідних баз даних по наплавленню деталей різного призначення, розмірів та конфігурації, використання розробленої комп'ютерної системи управління істотно підвищить ефективність процесів дугового наплавлення. Бібліогр. 9, рис. 4.

*Ключові слова:* дугова наплавка, автоматизація процесів наплавлення, технологія наплавлення, комп'ютерні системи управління наплавленням, енергоємність наплавлення

Поступила в редакцию 03.04.2017