



УДК 621.791.927.55

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ УСТАНОВКИ А1756

Е. Ф. ПЕРЕПЛЕТЧИКОВ, И. А. РЯБЦЕВ, Ю. Н. ЛАНКИН, В. Ф. СЕМИКИН, П. П. ОСЕЧКОВ

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Приведены результаты модернизации системы управления установки А1756 для плазменно-порошковой наплавки. Новая система управления позволяет полностью автоматизировать процесс наплавки, а также оптимизировать расход присадочного порошка и минимизировать его потери. Управление процессом наплавки производится с помощью программатора, выполненного с применением микроконтроллера PIC16F886 (Microchip) и алфавитно-цифрового OLED индикатора WEN1601A (Winstar). Микропроцессорный блок программатора позволяет задавать параметры временных характеристик тока наплавки и расхода порошка и их отработку в процессе программного управления. Разработана и смонтирована схема подключения программатора к установке А1756 с возможностью переключения работы как от программатора, так и в обычном штатном режиме. Программатор позволяет проводить настройку режимов, обеспечивающих хорошее формирование наплавленных валиков, при автоматической плазменно-порошковой наплавке, качественную заварку кратера и минимальные потери присадочного порошка. Библиогр. 2, рис. 7.

*Ключевые слова:* плазменно-порошковая наплавка, установка для наплавки, система управления, расход порошка, режимы наплавки, программатор

При плазменно-порошковой наплавке характеристики переноса и плавления присадочного материала напрямую не связаны с током и напряжением дуги и во многом определяются массовой скоростью подачи и фракционным составом присадочного порошка, а также его физическими свойствами. Учитывая тот факт, что при плазменно-порошковой наплавке в качестве присадочных материалов в основном используются дорогостоящие порошки сплавов на основе никеля и кобальта, а также специальные наплавочные сплавы на основе железа, важной проблемой является оптимизация расхода порошка и минимизация его потерь при этом способе наплавки [1].

Расход порошка и его потери зависят от конструкции некоторых узлов наплавочного оборудования (питатель порошка, плазматрон), режимов наплавки и, в некоторой степени, конструкции наплавляемой детали (геометрических характеристик наплавляемой поверхности). В частности, потери порошка возрастают, если плазматрон располагается или периодически подходит близко к кромке наплавляемой детали, а также, если ширина наплавляемой подложки меньше диаметра сопла.

На рис. 1 показана схема барабанного питателя, разработанного в ИЭС им. Е. О. Патона [2]. Питатель состоит из герметичного корпуса 1, бункера 6 с патрубком, барабана 2 и механизма настройки, выполненного в виде подпружиненной втулки 4, перемещаемой по патрубку при помощи рычажно-винтового регулятора 3. Устройство 5 позволяет контролировать уровень порошка в

питателе. Барабан приводится во вращение двигателем постоянного тока через червячный редуктор (на рис. 1 не показаны). Зазор между втулкой 4 и барабаном устанавливается таким, чтобы при неподвижном барабане порошок не высыпался из бункера. Вращаясь, барабан увлекает порошок за собой и направляет его в приемную воронку, откуда порошок по трубке 7 переносится транспортирующим газом в плазматрон. Регулируя скорость вращения барабана, можно изменять скорость по-

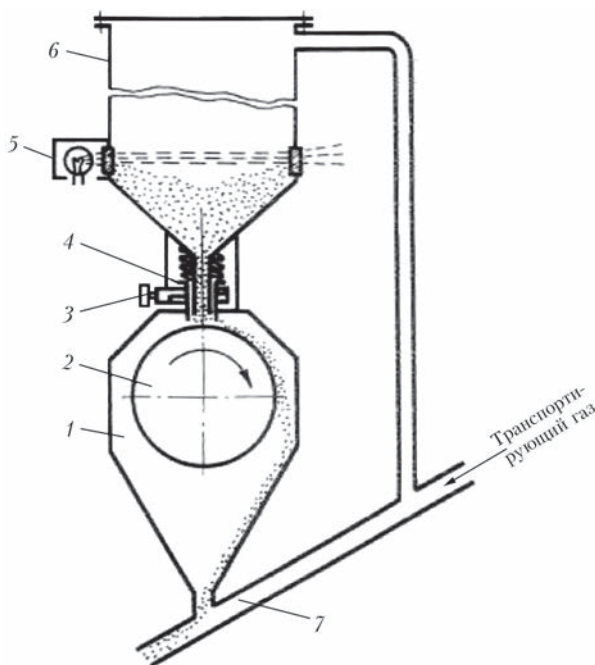


Рис. 1. Схема барабанного питателя для подачи присадочного порошка (обозначения см. в тексте)

© Е. Ф. Переpletчиков, И. А. Рябцев, Ю. Н. Ланкин, В. Ф. Семикин, П. П. Осечков, 2014

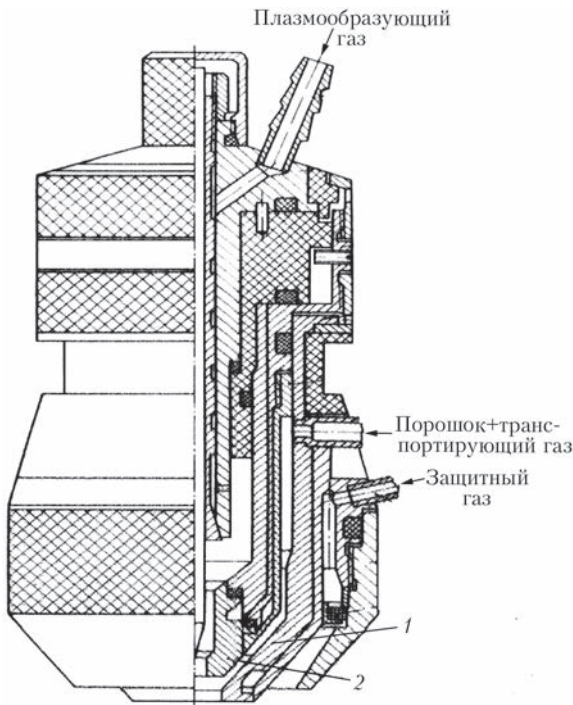


Рис. 2. Плазматрон А1756.05 для плазменно-порошковой наплавки: 1 — фокусирующее; 2 — плазмообразующее сопло подачи присадочного порошка в плазматрон (рис. 2). Транспортирующим газом присадочный порошок подается в зазор между фокусирующим 1 и плазмообразующим 2 соплами.

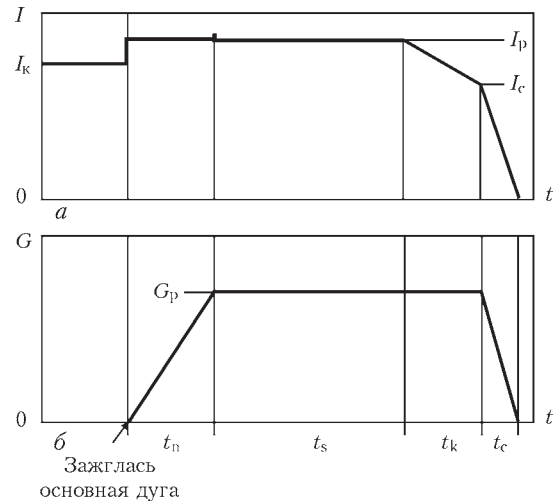


Рис. 4. Циклограмма процесса плазменно-порошковой наплавки: а — ток наплавки; б — расход порошка ( $I_k$  — ток косвенной;  $I_p$  — ток основной дуги;  $I_c$  — ток в момент начала спада скорости подачи порошка;  $G_p$  — максимальный уровень расхода (скорости подачи) порошка;  $t_n$  — длительность нарастания;  $t_s$  — длительность выдержки при установившемся процессе;  $t_k$  — длительность коррекции;  $t_c$  — длительность спада)

В плазматроне предусмотрено четыре варианта сочетания диаметров плазмообразующего и фокусирующего сопел  $d_{пл} + d_{ф}$ : 2,0 + 4,0; 3,0 + 6,0; 4,0 + 7,5; 5,0 + 9,0 мм, что также позволяет регулировать скорость подачи порошка. Выбор оптимального сочетания диаметров сопел определяется требованиями технологии наплавки [1].

Из параметров режимов наплавки на расход и потери присадочного порошка, главным образом, влияет сила тока наплавки и расход транспорти-

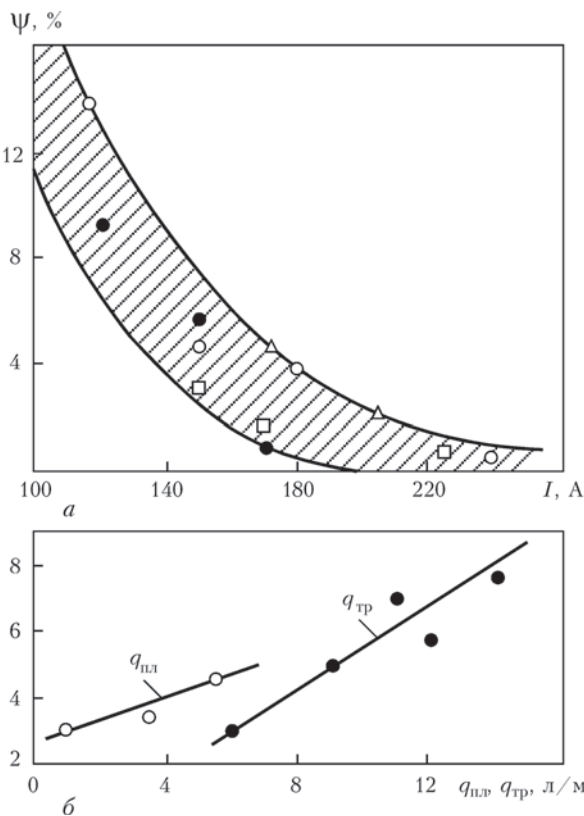


Рис. 3. Зависимость коэффициента потерь порошка  $\psi$  от тока наплавки  $I$  (а) и расхода плазмообразующего  $q_{пл}$  и транспортирующего  $q_{тр}$  газов [1] (б); а — подача порошка: ● — 1,2; ○ — 2,0; □ — 3,5; △ — 6 кг/ч; б — 2 кг/ч

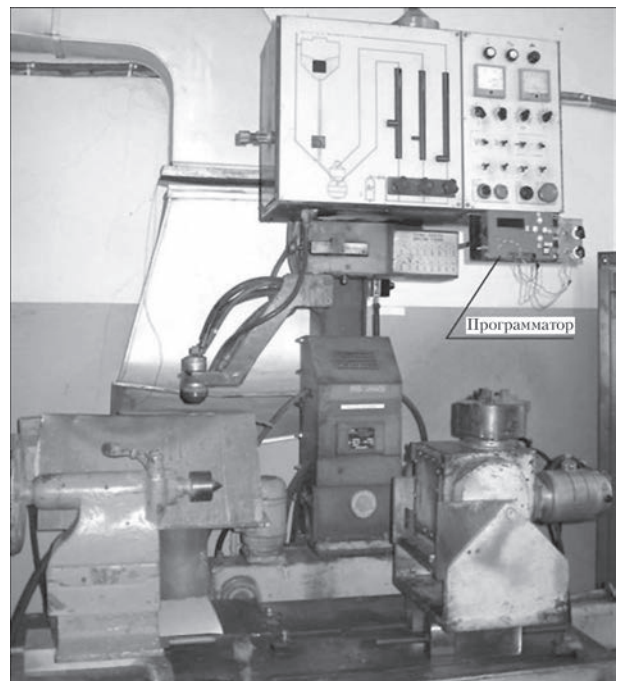


Рис. 5. Внешний вид установки плазменно-порошковой наплавки А1756 с программатором управления процессом наплавки



рующего газа (рис. 3) [1]. Увеличение силы тока наплавки снижает потери присадочного порошка во всем диапазоне скоростей его подачи (рис. 3, а), так как большее количество порошка может расплавиться как в дуге, так и в сварочной ванне.

При малом расходе транспортирующего газа (3...4 л/мин) процесс наплавки часто нарушается вследствие забивания каналов плазматрона. С увеличением расхода транспортирующего газа растут потери порошка (рис. 3, б) вследствие повышения начальной скорости частиц и ухудшения условий их нагрева в дуге.

При этом, как показывает опыт, не все частицы порошка, движущиеся по периферии столба дуги, попадают в сварочную ванну. Те из них, которые попадают на наплавляемую поверхность впереди или сбоку сварочной ванны, в результате упругого отскока от этой поверхности безвозвратно теряются. Оптимальным считается расход транспортирующего газа в пределах 6...9 л/мин, при котором потери порошка не превышают 5...8 %.

Кроме этих потерь, определяемых технологическими особенностями установившегося процесса плазменно-порошковой наплавки, есть потери порошка в начале и при окончании процесса наплавки, которые трудно оптимизировать и контролировать. Теоретически циклограмму всего процесса плазменно-порошковой наплавки можно представить следующим образом (рис. 4).

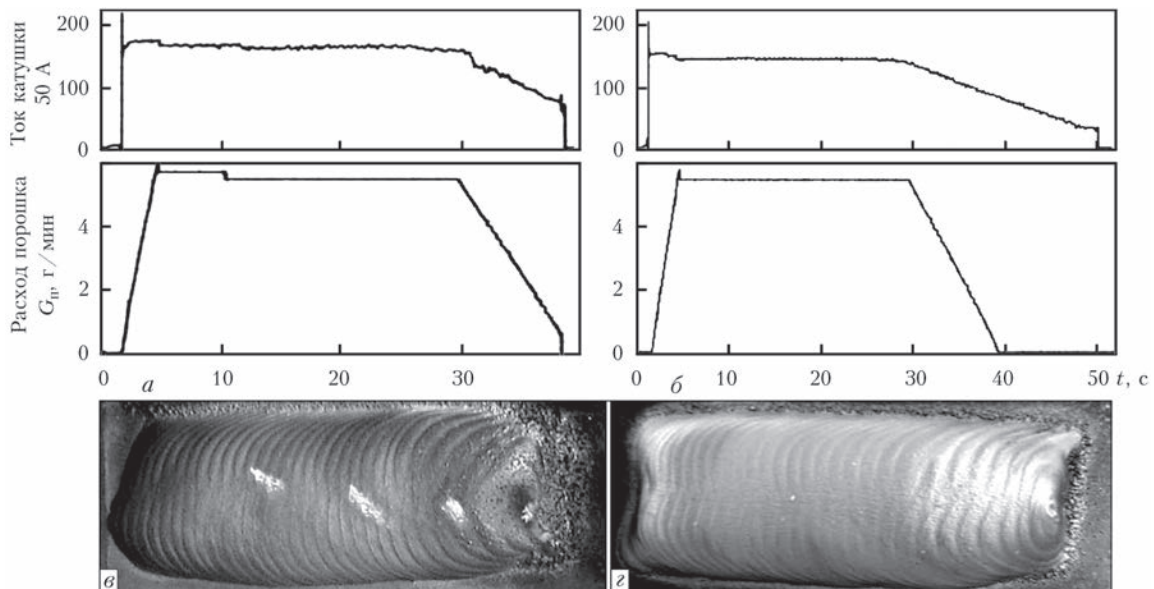


Рис. 7. Временные характеристики технологических параметров наплавки (а, б) и валики, наплавленные на этих режимах (в, з): а, в — ток и подача порошка отключены одновременно; б, з — подача порошка прекращена до отключения тока

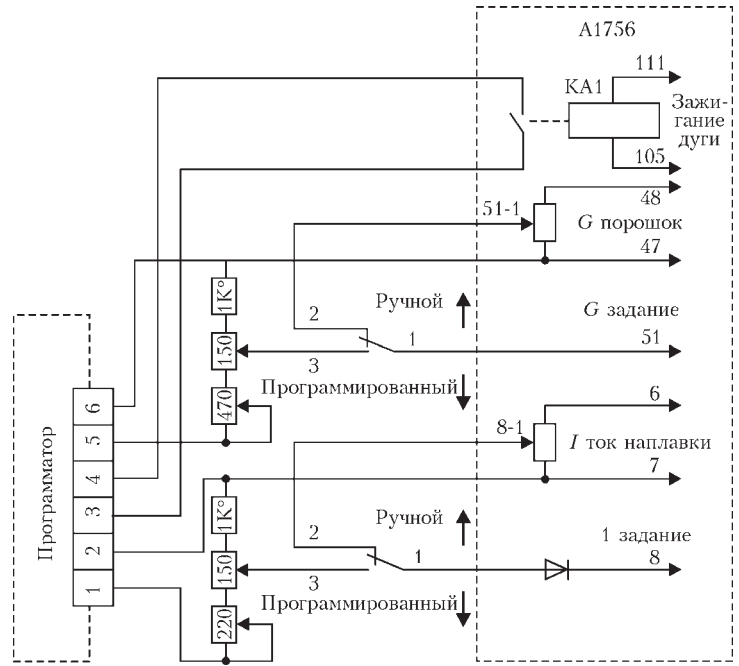


Рис. 6. Принципиальная схема программатора

Присадочный порошок необходимо начать подавать после того, как зажглась основная дуга (рис. 4, б). Подача порошка увеличивается за время  $t_n$  до заданного технологией значения  $G_p$ . При окончании процесса наплавки необходимо произвести заварку кратера с постепенным синхронным снижением тока наплавки и скорости подачи порошка.

Для управления процессом плазменно-порошковой наплавки в ИЭС им. Е. О. Патона разработан программатор, выполненный с применением микроконтроллера PIC16F886 (Microchip) и алфавитно-цифрового OLED индикатора WEN1601A (Winstar). Микропроцессорный блок программатора позволяет задавать параметры



временных характеристик тока наплавки и расхода порошка на установке плазменно-порошковой наплавки А1756 (рис. 5) и их отработку в процессе программного управления.

Разработаны принципиальные схемы, печатные платы, конструкция и программное обеспечение программатора. Программное обеспечение адаптировано под технологические условия установки А1756:

– технологические параметры задаются в натуральных величинах (ток наплавки в А, расход порошка в г/мин);

– введены технологические границы задания параметров временных характеристик 0...250 А, 0...120 г/мин.

Разработана и смонтирована схема подключения программатора к установке А1756 с возможностью переключения работы как от программатора, так и в обычном штатном режиме (рис. 6).

Проведены широкие технологические испытания программатора на установке А1756 с записью основных параметров режима наплавки — тока и подачи порошка. Ставили задачу разработки таких режимов наплавки, которые обеспечивали бы минимальные потери порошка и качественное

формирование наплавленных валиков, в том числе качественную заварку кратера.

Если ток отключается одновременно или раньше, чем прекращается подача порошка — это ведет к плохой заварке кратера и излишней потере порошка (рис. 7, а, в).

В том случае, если подача порошка прекращается раньше, чем выключается ток, обеспечивается качественная заварка кратера, а потери порошка сводятся к минимуму (рис. 7, б, г). По времени начало спада тока и подачи порошка совпадают, однако подача порошка прекращается несколько раньше (рис. 7, б).

Таким образом, разработанный программатор позволяет производить настройку режимов, обеспечивающих хорошее формирование наплавленных валиков, при автоматической плазменно-порошковой наплавке на установке А1756, качественную заварку кратера и минимальные потери присадочного порошка.

1. Гладкий П. В., Переpletчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменная наплавка. — Киев: Екотехнологія, 2007. — 292 с.
2. А. с. 266111 21h 30/17 СССР. Питатель барабанного типа / П. В. Гладкий, Е. Ф. Переpletчиков, Ю. И. Сапрыкин и др. // Открытия. Изобрет. — 1970. — № 11. — С. 76.

Поступила в редакцию 22.09.2014

**3 – 5.03.2015**

Przemysłowa wiosna w Expo Silesia – jedyne w kraju tego typu specjalistyczne spotkania branżowe  
 Промышленная весна в Expo Silesia – единственные в Польше этого типа профессиональные отраслевые встречи

**Targi Techniki Laserowej**  
 Выставка лазерной техники

[www.lasereexpo.pl](http://www.lasereexpo.pl)

**Targi Technologii Cięcia**  
 Выставка технологий резки

[www.expocutting.pl](http://www.expocutting.pl)

**kontakt: / Контакт:**  
 tel. +48 32 78 87 541 e-mail: [lasereexpo@exposilesia.pl](mailto:lasereexpo@exposilesia.pl)  
 tel. +48 32 78 87 538 [expocutting@exposilesia.pl](mailto:expocutting@exposilesia.pl)  
 tel. +48 32 78 87 514 [grindexpo@exposilesia.pl](mailto:grindexpo@exposilesia.pl)  
 tel. +48 32 78 87 506 [fxingtechexpo@exposilesia.pl](mailto:fxingtechexpo@exposilesia.pl)  
 fax +48 32 78 87 522

**Контакты:**

тел./факс: (38044) 200-82-77; 200-54-84

E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)

Подписано к печати 27.11.2014. Формат 60×84/8. Офсетная печать.  
 Усл. печ. л. 17,09. Усл.-отг. 18,2. Уч.-изд. л. 20,00 + 2 цв. вклейки.  
 Печать ООО «Фирма «Эссе».  
 03142, г. Киев, просп. Акад. Вернадского, 34/1.