

УДК 621.9048.7+621.78

В. Н. Алехнович, А. В. Алифанов, А. М. Милюкова, О. А. Толкачева

Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», ул. Купревича, 10, 220141 Минск, Республика Беларусь, +375 (29) 352 71 81, alifanov_aav@mail.ru

РАЗРАБОТКА НАПЛАВОЧНОГО ПЛАЗМОТРОНА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПОСТОЯННО-ИМПУЛЬСНОМ НАПРЯЖЕНИИ

Разработан надежный в эксплуатации плазматрон, оснащенный модернизированным порошковым питателем, для осуществления плазменной наплавки износостойких материалов с использованием для питания плазматрона постоянно-импульсного напряжения.

Особенностью разработанной конструкции плазматрона является то, что питатель может осуществлять подачу порошка к плазматрону или в постоянном режиме, или в импульсном режиме определенными порциями. Постоянно-импульсный способ нанесения покрытий снижает термическую нагрузку на упрочняемую деталь, при этом увеличивается скорость диффузии наплавляемого износостойкого материала, что позволяет осуществлять наплавку тонкостенных деталей без их проплавления.

Ключевые слова: плазматрон; постоянно-импульсное напряжение; упрочняемая деталь; тепловая нагрузка.

Рис. 4. Библиогр.: 4 назв.

V. N. Alehnovich, A. V. Alifanov, A. M. Miliukova, O. A. TolkachovaPhysical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,
10 Kuprevich St., 220141, Minsk, Belarus, +375 (29) 352 71 81, alifanov_aav@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE SUPPLY PLASMATRON WORKING ON CONSTANT-PULSE VOLTAGE

A reliable-in-operation plasmatron and a powder feeder have been developed for carrying out plasma surfacing of wear-resistant materials using a constant-pulsed voltage to power the plasmatron.

A specific feature of the developed plasmatron design is that the feeder can supply the powder to the plasmatron either in a constant mode or in a pulsed mode in preset portions. The constant-pulse method of coating deposition reduces the thermal stress on the article to be coated, and in this case the diffusion rate of the deposited wear-resistant material increases, which allows surfacing of thin-walled parts without their melting.

Keywords: plasmatron, constant-pulsed voltage; the article to be coated, the thermal stress.

Fig. 4. Ref.: 4 titles.

Введение. Анализ конструкций и работоспособности плазматронов, изготавливаемых в Германии, России и других странах [1—3], позволил выявить их недостатки и найти пути совершенствования. В частности, корпусная деталь с водоохлаждаемыми полостями у зарубежных плазматронов чаще всего неразборная и ремонту не подлежит. Поэтому, в случае нарушения герметичности или электрической изоляции между электродами, необходимо приобрести новый плазматрон. Предлагаемый постоянно-импульсный способ нанесения упрочняющих покрытий позволит уменьшить термическую нагрузку на упрочняемую деталь, что, соответственно, сведет к минимуму деформационные коробления, возникающие при обработке, и создаст предпосылки для увеличения скорости диффузии наплавляемого износостойкого материала.

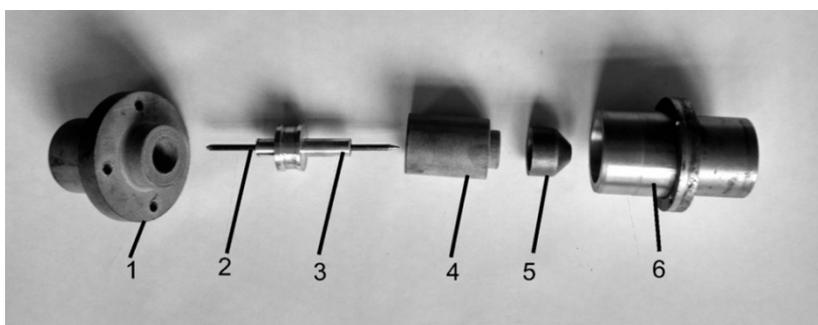
Конструкция разрабатываемого плазматрона состоит из отдельных, полностью разбираемых деталей с возможностью их замены, в том числе изношенной прокладки или изоляционной вставки. В такой конструкции вышедшие из строя, например, в результате теплового старения, резиновые герметизирующие прокладки и изолирующие вставки можно легко заменить без опасения безвозвратного выхода плазматрона из строя. В разработанной конструкции плазматрона для изготовления герметизирующих прокладок применены высоко-

температурные силиконовые резины, фторопласты. Особенностью данной конструкции является то, что питатель может осуществлять подачу порошка к плазмотрону или в постоянном режиме, или в импульсном режиме определенными порциями.

Основная часть. Разработка конструкции разборного плазмотрона. В лаборатории объемных гетерогенных систем Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси разработан и изготовлен плазмотрон на постоянно-импульсном напряжении для наплавки износостойких порошковых материалов (рисунок 1). В плазмотроне электрическая изоляция между анодом и катодом должна выдерживать импульсное напряжение 600 В, так как наличие высоковольтного поджига плазмотрона требует усиленной изоляции между анодом и катодом.

Конструкция плазмотрона состоит из отдельных деталей (см. рисунок 1), полностью разбираемых с возможностью замены любой прокладки из изоляционной вставки: корпуса плазмотрона 6; анода 5, изготовленного из меди; центрирующей изоляционной вставки 4, изготовленной из текстолита (фторопласта); катододержателя 3, изготовленного из латуни; катода 2, изготовленного из лантанированного вольфрама; задней прижимной крышки плазмотрона 1 с системой подачи плазмообразующего газа; уплотнительных прокладок из высокотемпературных силиконовых резин.

Важной деталью плазмотрона является анод (рисунок 2). В разработанной конструкции плазмотрона анод изготовлен из меди. Наружный диаметр анода равен 30 мм, длина — 25 мм, толщина стенки анода — 3 мм, диаметр анодного отверстия — 3 мм, длина анодного отверстия — 10 мм.



а)



б)

Рисунок 1. — Конструкция разработанного плазмотрона в разобранном (а) и собранном (б) виде



Рисунок 2. — Внешний вид анода плазмотрона

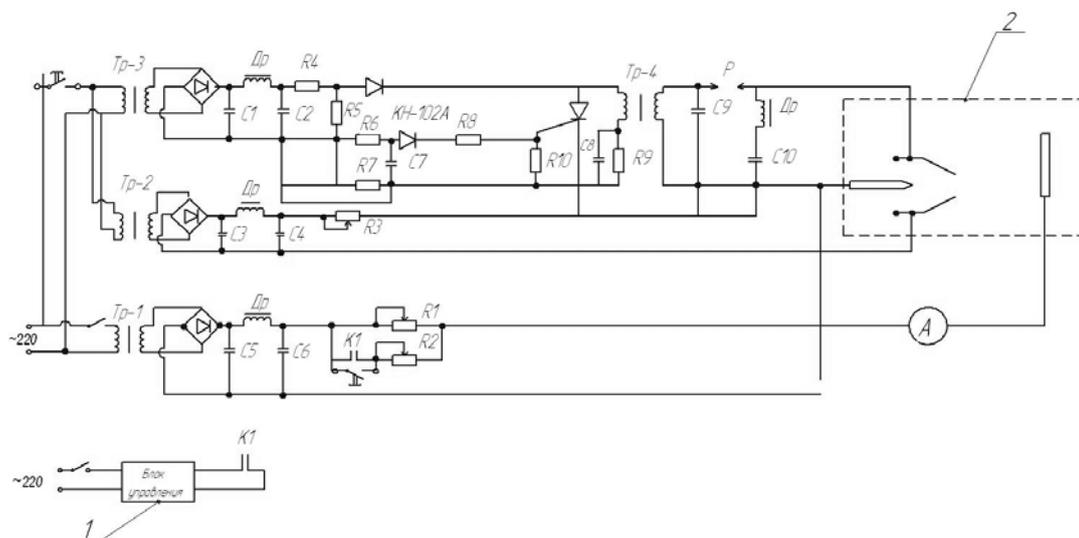
Анод и катодный узел разработанного плазмотрона имеют водяное охлаждение. В существующих плазмотронах часто для герметизации полостей с водой используют кольцевые резиновые прокладки на наружных цилиндрических поверхностях, расположенные в канавках. В разработанной конструкции для повышения надежности герметизации уплотнительные прокладки устанавливаются на торцевых поверхностях, образующих последовательные цепочки и сжимаемые при окончательной сборке плазмотрона (сжимается одновременно, обеспечивая герметичность конструкции в целом).

Для защиты изолятора от излучения дуги внутри плазмотрона (см. рисунок 1, а) между анодом 5 и катодным узлом на катод 2 надета трубка из высокотемпературного керамического материала — окиси циркония.

Анализ тепловой нагрузки отдельных деталей разработанного плазмотрона показывает, что наибольшую тепловую нагрузку несет анод и катод. Нагрев анода дугой мощностью 3 кВт без охлаждения может привести к его расплавлению. Нагрев вольфрамового катода электрической дугой приводит к сильному нагреву, но не расплавлению. Поэтому в конструкции плазмотрона надо предусмотреть интенсивное охлаждение водой анода и незначительное охлаждение корпуса катодного узла. В связи с этим второй вариант разработанного плазмотрона имеет интенсивное охлаждение анода проточной водой и незначительное охлаждение катодного узла, но не катода.

Разработка конструкции и изготовление лабораторного источника питания, позволяющего получить постоянно-импульсное напряжение питания плазмотрона. Для решения поставленной задачи плазменной наплавки износостойких материалов на рабочие поверхности стальных деталей, создания условий, способствующих интенсификации скорости диффузии легирующих наплавляемых элементов вглубь упрочняемой детали, получения тепловых волн в наплавляемом металле, необходимо разработать и изготовить источник питания плазмотрона, позволяющий получить на выходе постоянно-импульсное напряжение [4].

Разработанный источник питания плазмотрона, блок-схема которого представлена на рисунке 3, содержит независимые друг от друга источники дежурной и основной дуги, блок высоковольтного, высокочастотного поджига дежурной дуги. Напряжение питания основной дуги прикладывается между катодом и упрочняемой деталью. Напряжение питания дежурной дуги прикладывается между катодом и анодом плазмотрона. Режим работы плазмотрона с использованием дежурной дуги позволяет повысить стабильность его работы. Разработанный источник питания основной дуги позволяет обеспечить постоянный или постоянно-импульсный режим работы плазмотрона, обеспечивающий стабильную работу на минимальном токе. Кроме того, обеспечивает высокое качество наплавки, сведение к минимуму опасности проплавления тонкостенных упрочняемых поверхностей и возникновения термических поводок. Для питания плазмотрона используется, наряду с постоянной составляющей напряжения, и импульсная составляющая.



1 — блок управления в ручном или автоматическом режиме основной дуги плазматрона; 2 — плазмотрон; Тр-1 — силовой трансформатор и блок питания основной дуги плазматрона; Тр-2 — силовой трансформатор блока питания дежурной дуги; Тр-3 — трансформатор и схема получения высоковольтного, высокочастотного напряжения для инициирования плазменной струи

Рисунок 3. — Блок-схема разработанного источника питания плазматрона

Значение частоты следования и длительность импульсной составляющей, питающей плазмотрон в проектируемом источнике питания, регулируются и устанавливаются оператором в ручном или автоматическом режиме. Численные значения соотношения постоянной и импульсной составляющей будут определяться при осуществлении процесса плазменной наплавки на конкретную деталь.

Блок питания основной дуги собран на базе трансформатора Тр-1, силовых диодов В-200, сглаживающего фильтра С5, С6 и дросселя Др. Для установки требуемых значений тока основной дуги на постоянном токе служит балластное сопротивление R1. Для установки величины импульсной составляющей тока основной дуги служит балластное сопротивление R2. Контактные реле К1 и кнопки К1 позволяют управлять длительностью импульсов основной дуги в автоматическом или ручном режиме. Амперметр в цепи основной дуги позволяет регистрировать ток плазматрона.

Блок питания дежурной дуги собран на базе трансформатора Тр-2, силовых диодах В-100 и сглаживающем фильтре С3-Др-С4. Для установки требуемого значения тока дежурной дуги служит регулируемое балластное сопротивление R3. Для поджига вспомогательной дуги плазматрона собрана схема высоковольтного, высокочастотного поджига дежурной дуги.

Блок питания высоковольтного, высокочастотного поджига собран на базе трансформатора Тр-3, силовых диодах Д243 и сглаживающем фильтре С1-Др-С2. Генерирование высоковольтной высокочастотной дуги происходит при пробое разрядного промежутка в разряднике Р.

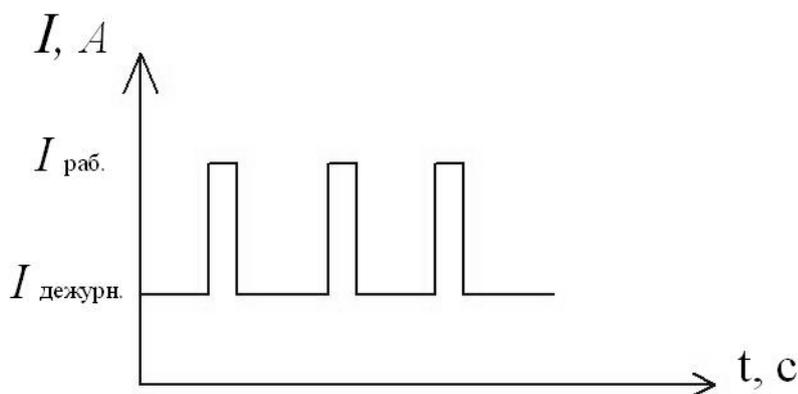
Генератор содержит низковольтный накопитель — конденсатор С1, цепь заряда накопителя (зарядное сопротивление, диод Д), коммутатор на тиристоре КУ 202Н.

Цепь управления тиристором состоит из сопротивления R1, R3, R4, R5, конденсатора С2 и переключающего динистора КН102А, импульсного трансформатора Тр, высоковольтного накопителя на базе конденсатора С3 и высоковольтного разрядника Р.

Рабочие импульсы генерируются при разряде конденсатора С1 через импульсный трансформатор Тр. Трансформированный импульс заряжает конденсатор С3 до напряжения срабатывания разрядника Р (примерно 5...7 кВ). Накопительный конденсатор С3 разряжается на дроссель фильтра Др и конденсаторы С4 и С5. При этом в контуре, образованном конденсатором С3, обмоткой дросселя Др и конденсаторами С4 и С5, возникают высоковольтные высокочастотные колебания, возбуждающие дежурную дугу.

В результате выполненных работ для питания плазмотрона изготовлен лабораторный источник постоянно-импульсного напряжения для токов величиной от 50 до 200 ампер.

Изображение на экране осциллографа постоянно-импульсного тока, протекающего через плазмотрон, представлено на рисунке 4.



$I_{\text{дежурн.}}$ — ток дежурной дуги, поддерживающий подогрев подложки и дежурный режим работы плазмотрона, $I_{\text{раб.}}$ — постоянно-импульсный ток плазмотрона в процессе наплавки

Рисунок 4. — График зависимости постоянно-импульсного тока от времени при работе постоянно-импульсного источника питания

Заключение. Конструкция разработанного плазмотрона состоит из отдельных деталей, полностью разбираемых с возможностью их замены. В такой конструкции вышедшие из строя в результате теплового старения резиновые герметизирующие прокладки и изолирующие вставки можно легко заменить, без опасения безвозвратного выхода плазмотрона из строя. Для изготовления герметизирующих прокладок применены высокотемпературные силиконовые резины, фторопласты, которые устанавливаются на торцевых поверхностях, образующих последовательные цепочки и сжимаемые при окончательной сборке плазмотрона одновременно, обеспечивая герметичность конструкции в целом.

Особенностью данной конструкции является то, что питатель может осуществлять подачу порошка к плазмотрону как в постоянном режиме, так и в импульсном режиме определенными порциями.

Список цитируемых источников

1. Нанесение покрытий плазмой / В. В. Кудинов [и др.]. — М., 1990. — 244 с.
2. Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Мorigаки ; под ред. В. С. Степанина, Н. Г. Шестеркина. — М. : Машиностроение, 1985. — 240 с.
3. Плазменное напыление [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://weldzone.info/oborudovanie/machines/95-plasma-welding>. — Дата доступа: 12.10.2017.
4. Плазменная наплавка износостойких порошковых материалов на рабочие поверхности стальных деталей / А. В. Алифанов [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. Технические науки. — 2018. — Вып. 6. — С. 39—44.

Данная работа выполнена при поддержке БР ФФИ в рамках задания Т17-008.

Поступил в редакцию 03.05.2019