

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ С БОКОВОЙ ПОДАЧЕЙ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

**К. П. ШАПОВАЛОВ**, инж. (ПАО «НКМЗ», г. Краматорск),  
**Н. А. МАКАРЕНКО**, д-р техн. наук (Донбас. гос. машиностроит. акад., г. Краматорск),  
**Л. А. ГРАНОВСКАЯ**, инж. (ОАО «СИС-Сода», г. Славянск)

Усовершенствован способ плазменной наплавки с боковой подачей проволок сплошного сечения и порошковых проволок. Отличительной особенностью способа является попеременно чередующийся импульсный характер горения дуг прямой полярности неплавящийся электрод плазмотрона – изделие и неплавящийся электрод плазмотрона – проволока, что увеличивает производительность наплавки и уменьшает глубину проплавления основного металла.

*Ключевые слова:* плазменная наплавка, присадочная проволока, магнитное дутье, плазменная дуга прямой полярности, попеременно чередующийся режим горения, повышение производительности наплавки, проплавление основного металла

Для промышленного применения разработаны несколько способов плазменной наплавки с боковой подачей присадочной проволоки [1–3]:

наплавка плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой при электрически нейтральном изделии (рис. 1, а);

наплавка плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой (рис. 1, б);

наплавка двойной дугой, при которой плазмотрон, проволока и изделие находятся под напряжением (рис. 1, в).

Анализ показывает, что каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. При наплавке с электрически нейтральным изделием плазменная дуга горит между присадочной проволокой и неплавящимся электродом плазмотрона. В

этом случае производительность наплавки возрастает, однако из-за малого тепловложения в основной металл существует вероятность появления несплавлений. Основными недостатками второго способа плазменной наплавки с электрически нейтральной присадочной проволокой является малая производительность процесса. Наибольшее распространение получил третий способ, предусматривающий горение двух дуг: одной между неплавящимся электродом плазмотрона и изделием, второй — между неплавящимся электродом плазмотрона и присадочной проволокой. При этом при изменении тока двух дуг можно осуществлять регулировку тепловложения как в проволоку, так и в изделие.

Однако при одновременном горении двух дуг и их электромагнитном взаимодействии наблюдается явление магнитного дутья, вследствие чего необходимо ограничивать ток дуги неплавящийся электрод плазмотрона — присадочная проволока. Ее максимальное значение можно выбрать из соотношения [4]:

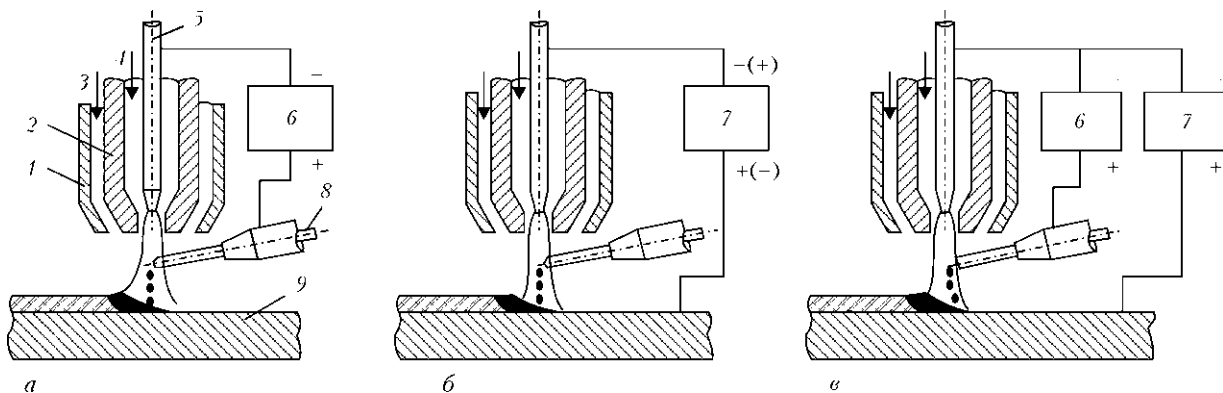


Рис. 1. Схемы плазменной наплавки с боковой подачей присадочной проволоки плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой (а), плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой (б) и двойной дугой (в) [3]: 1, 2 — соответственно защитное и плазмообразующее сопло; 3, 4 — соответственно защитный и плазмообразующий газ; 5 — электрод; 6, 7 — соответственно источник питания косвенной дуги и дуги прямого действия; 8 — проволока; 9 — изделие

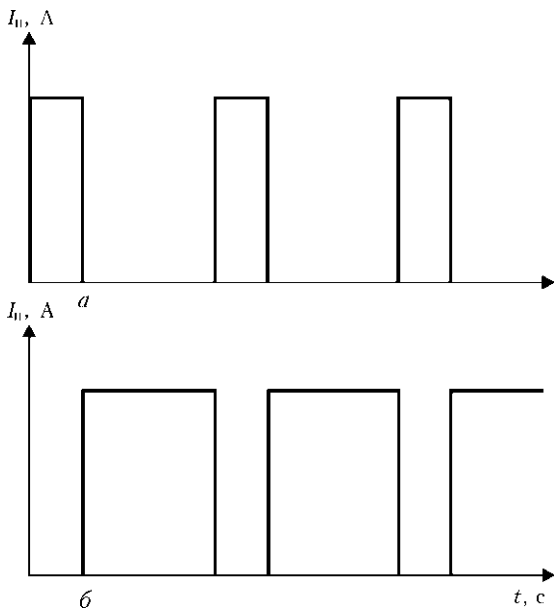


Рис. 2. Диаграмма работы установки TOR-350: *a* — ток дуги неплавящийся электрод плазматрона – изделие; *б* — ток дуги неплавящийся электрод плазматрона – присадочная проволока

$$I_{np}(A) = 0,266I + 90.$$

При этом невозможно получить производительность наплавки более 10 кг/ч [4], а также уменьшить глубину проплавления основного металла, что приводит к увеличению затрат на наплавку.

Таким образом, известные способы плазменной наплавки с боковой подачей присадочной проволоки имеют те или иные недостатки и задача повышения технико-экономических показателей этого процесса остается актуальной.

Цель данной работы заключалась в повышении эффективности процесса плазменной наплавки с присадочной проволокой путем увеличения тепловложения в присадочную проволоку при контролируемом тепловложении в основной металл.

Для достижения поставленной цели требовалось свести к минимуму эффект магнитного дутья, возникающий при взаимодействии двух дуг. Для решения этой задачи был разработан способ плазменной наплавки с попеременно чередующимся горением дуги прямой полярности. Способ предусматривает в каждый из моментов времени горение только одной дуги: неплавящийся электрод плазматрона – изделие или неплавящийся электрод плазматрона – присадочная проволока (рис. 2), что позволяет исключить взаимное электромагнитное влияние дуг.

Регулируя длительность импульсов тока и их значение, можно легко изменять количество теплоты, которая вкладывается в присадочную проволоку и изделие, добиваясь при этом необходимой производительности наплавки и уменьшения глубины проплавления основного металла. Уменьшение глубины проплавления основного метал-

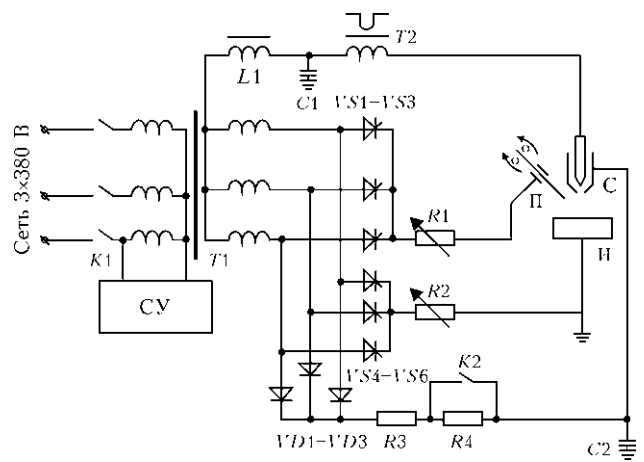


Рис. 3. Упрощенная принципиальная схема источника питания установки TOR-350: *T1* — силовой трансформатор; *T2* — трансформатор возбуждителя дуги; *VD1–VD3* — диоды; *K1*, *K2* — контакторы; *R1*, *R2* — балластные реостаты; *R3*, *R4* — резисторы

ла в ряде случаев позволяет заменить многослойную наплавку однослойной, что существенно влияет на себестоимость наплавляемых деталей.

Для реализации разработанной технологии была создана установка TOR-350 для плазменной наплавки плоских деталей. Принципиальная схема источника питания установки приведена на рис. 3. Источник питания функционирует следующим образом. Дежурная дуга зажигается возбуждателем дуги, импульсный трансформатор *T2* которого включен последовательно в цепь неплавящегося электрода плазматрона. При этом контактор *K2* замкнут, ток дежурной дуги ограничен резистором *R3* и составляет около 60 А. При касании присадочной проволоки изделия возбуждается основная дуга, при этом контактор *K2* размыкается и ток дежурной дуги дополнительно ограничивается резистором *R4* до 20...25 А. Схема управления (СУ) поочередно включает группы тиристоров *VS1–VS3* либо *VS4–VS6*, подающих питание на присадочную проволоку или изделие. Следует отметить, что тиристоры работают в ключевом режиме, а регулировка тока в каждой из дуг осуществляется балластными реостатами. Внешний вид источника питания установки показан на рис. 4.

При включенных тиристорах *VS1–VS3* и выключенных тиристорах *VS4–VS6* установка работает в режиме с электрически нейтральным изделием, в случае постоянного включения тиристоров *VS4–VS6* при выключенных *VS1–VS3* — в режиме с электрически нейтральной присадочной проволокой. При постоянно включенных тиристорах *VS1–VS3* и *VS4–VS6* установка работает в обычном режиме плазменной наплавки с токоведущей присадочной проволокой. Источник питания включает автономную систему охлаждения плазматрона.



Рис. 4. Источник питания установки TOP-350 для плазменной наплавки плоских изделий с использованием противофазно-импульсного тока

Предварительные исследования показали, что, применяя плазменную наплавку с попеременно чередующимся горением дуг, можно повысить производительность до 16 кг/ч, при этом глубина проплавления основного металла составляет не более 2 мм.

Установка применяется в производственных условиях для наплавки пластин высокохромистым сплавом на основе железа, стойким к абразивному изнашиванию. Наплавка пластин из стали 20 толщиной 40 мм ведется с предварительным подогревом до 600 °С в печи, после наплавки они выдерживаются в печи при той же температуре в течение 20 мин, после чего охлаждаются вмес-

те с печью. При этом использовали следующий режим наплавки: ток импульса дуги неплавящийся электрод плазматрона – изделие 160 А, неплавящийся электрод плазматрона – проволока 210 А; длительность импульса тока дуги неплавящийся электрод плазматрона – изделие 0,1 с; неплавящийся электрод плазматрона – проволока 0,3 с; скорость наплавки 8,72 м/ч; расход аргона: плазмообразующего 4,0, защитного 18 л/мин.

Следует отметить, что с увеличением длительности импульсов происходит ухудшение качества формирования наплавленного валика.

#### Выводы

1. Показано, что плазменная наплавка двойной дугой с боковой подачей присадочной проволоки и с попеременно чередующимся горением импульсной дуги прямой полярности увеличивает производительность и уменьшает глубину проплавления основного металла.

2. Установлено, что для обеспечения хорошего формирования наплавленного металла длительность импульсов тока не должна превышать 0,3 с.

3. Создана установка для плазменной наплавки присадочной проволокой с попеременно чередующимся горением импульсной дуги. Установка универсальна, так как позволяет реализовывать и другие способы плазменной наплавки.

1. *Плазменная наплавка металлов* / А. Е. Вайнерман, М. Х. Шоршоров, В. Д. Веселков, В. С. Новосадов. — Л.: Машиностроение, 1969. — 192 с.
2. *Сидоров А. И.* Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. — М.: Машиностроение, 1987. — 192 с.
3. *Гладкий П. В., Переплетчиков Е. Ф., Рябцев И. А.* Плазменная наплавка. — Киев: Екотехнологія, 2007. — 292 с.
4. *Characteristics of plasma arc welding with wire addition* / T. Hiroya, M. Misuaki, I. Shaji, S. Itsuhiko // Trans. Sap. Welding Sos. — 1978. — № 1. — P. 35–40.

A method of plasma surfacing with side feeding of solid and flux-cored wires was improved. A feature of this method is an alternating pulsed nature of arcing of straight polarity arcs between «plasmatron nonconsumable electrode – item» and «plasmatron nonconsumable electrode – wire» that increases surfacing efficiency and decreases base metal penetration depth.

Поступила в редакцию 18.11.2011

## Международная конференция «Ti-2012 в СНГ»

22–25 апреля 2012

г. Казань, Россия

Очередная ежегодная международная конференция «Ti-2012 в СНГ» будет проведена в Казани с 22 по 25 апреля 2012 г.

Контакты: [www.titan-association.com](http://www.titan-association.com)