

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫМИ ЛЕНТАМИ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ ВАЛИКОВ

А. П. ЖУДРА, А. П. ВОРОНЧУК, В. О. КОЧУРА, В. В. ФЕДОСЕНКО

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

Исследовано влияние параметров режима наплавки порошковыми лентами на геометрические размеры наплавленных валиков. Рассмотрены особенности плавления порошковых лент в зависимости от типа оболочки и химического состава сердечника. В качестве объектов исследований выбраны широко применяемые порошковые ленты ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179, изготовленные на основе стальной ленты-оболочки, а также лента ПЛ-АН 111 на основе никелевой оболочки. Наплавка выполнялась на аппарате А-874Н, укомплектованном источником питания ВДУ 1201 и приставкой АД 167, в широком диапазоне режимов. Установлено, что с увеличением тока от 600 до 1200 А для всех испытываемых марок порошковых лент характерен рост ширины валика, его высота и глубина проплавления основного металла. Значение коэффициента формы шва для всех рассматриваемых типов порошковых лент с увеличением тока снижается. С увеличением напряжения дуги в диапазоне 24...38 В ширина валика увеличивается, а высота снижается на фоне роста доли основного металла. Изменение глубины проплавления и коэффициента формы шва неоднозначно и зависит от типа порошковой ленты. Библиогр. 10, табл. 1, рис. 4.

Ключевые слова: порошковая лента, режимы наплавки, глубина проплавления, геометрические параметры валика, доля основного металла

Для упрочнения деталей оборудования, работающего в условиях абразивного, газоабразивного и других видов изнашивания, в настоящее время широко применяются порошковые ленты. Применение этого электродного материала позволяет получать наплавленный металл с высокой степенью легирования и вести процесс наплавки с высокой производительностью [1–3].

Важными факторами, влияющими на получение заданного химического состава и твердости наплавленного слоя, являются геометрические параметры валика наплавленного металла. В ряде работ [4–6] рассматривается влияние параметров режима на характеристики наплавляемых валиков при использовании холоднокатаных электродных лент различной ширины и отличающихся по своему химическому составу. Из проведенных исследований видно, что на геометрические размеры валиков, помимо тока, напряжения и скорости наплавки, также оказывают влияние толщина, ширина электродной ленты, ее химический состав и марка используемого флюса.

В работах [7, 8] исследовано влияние тока и напряжения на геометрию наплавленного валика при наплавке порошковой лентой сечением 45×3 мм на токах 1000...1900 А. В работах [8, 9] определялась доля электродного металла при наплавке двухзамковой порошковой лентой на токах 700...1100 А. Опытным путем установлено, что в указанном диапазоне с увеличением тока доля

электродного металла падает с 0,64 до 0,62 при скорости 16 м/ч, а с увеличением скорости от 16 до 32 м/ч падает с 0,63 до 0,57.

В последнее время для наплавки различных деталей все большее применение находит однозамковая порошковая лента с плотным замком, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона. Для разработки технологических процессов наплавки с применением этого электродного материала возникла необходимость в проведении комплексных исследований по влиянию режима наплавки на геометрические параметры наплавленных валиков, а также особенностей плавления порошковых лент.

Для исследований были выбраны три марки порошковых лент ПЛ-Нп-300Х25С3Н2Г2 (ПЛ-АН 101), ПЛ-Нп-500Х40Н40С2РЦ (ПЛ-АН 111) и ПЛ-Нп-400Х20Б7М6Н5В2Ф (ПЛ-АН 179) однозамковой конструкции типа Б по ГОСТ 26467–85 сечением 16,5×3,8 мм. Такой выбор был обусловлен следующими соображениями: порошковые ленты ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 111 — серийно изготавливаемые электродные материалы. Порошковые ленты ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179 изготавливаются на основе стальной ленты-оболочки, а ПЛ-АН 111 — никелевой. Кроме того, сердечник порошковой ленты ПЛ-АН 101 состоит в основном из комплексной лигатуры, что обуславливает более низкую температуру ее плавления. Опыты выполнялись на наплавочном аппарате А-874Н, укомплектованном источником питания ВДУ-1201

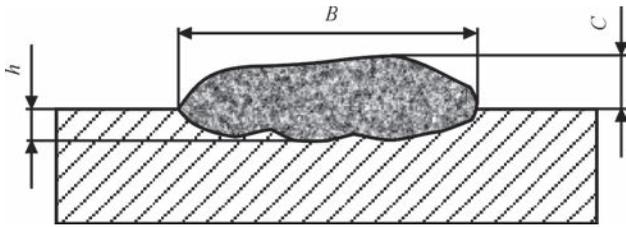


Рис. 1. Сечение валика, наплавленного порошковой лентой

и приставкой АД-167. Наплавка выполнялась отдельными валиками в один слой на постоянном токе обратной полярности при неизменной величине вылета, равной 50 мм, и жесткой внешней характеристике источника питания. В качестве основного металла использовались пластины из Ст3 толщиной 30 мм размером 300×400 мм. На каждую из пластин наплавлялось по 6 валиков длиной 200...250 мм. Чтобы исключить влияние предварительного подогрева, каждый последующий валик наносился после полного остывания предыдущего. Из средних участков валиков анодно-механической резкой были вырезаны образцы, на которых после последующей шлифовки были определены геометрические параметры наплавленных валиков, химический состав и твердость наплавленного металла. Параллельно с наплавкой производились также замеры для определения особенностей плавления указанных порошковых лент. Режимы наплавки всеми приведенными лентами представлены в таблице.

Для исследований определяли следующие геометрические параметры наплавленных валиков (см. рис. 1): *B* — ширину наплавленного валика; *h* — глубину проплавления основного металла; *C* — высоту наплавленного валика, а также опре-

делялась площадь наплавленного валика над основным металлом и площадь проплавленного основного металла.

Расчетным путем определялись доля основного металла γ и коэффициент формы валика φ по формулам:

$$\gamma = \frac{F_n}{F_b + F_n},$$

где F_n — площадь проплавления основного металла; F_b — площадь наплавленного валика над основным металлом

$$\varphi = \frac{B}{h},$$

где *B* — ширина наплавленного валика; *h* — глубина проплавления основного металла.

Полученные результаты представлены в графическом виде. При этом следует указать, что каждой точке на графике соответствует среднее значение не менее, чем пяти измерений и произведенных по ним расчетов.

На рис. 2 представлено изменение геометрических параметров наплавленного валика в зависимости от тока. С увеличением тока от 600 до 1200 А для всех испытываемых марок порошковых лент характерен рост ширины валика (рис. 2, а), высоты (рис. 2, б) и глубины проплавления основного металла (рис. 2, в). Что касается порошковой ленты ПЛ-АН 101, то рост ширины валика и его высоты наблюдается на токах до 900 А. Дальнейшее увеличение тока не приводит к изменению этих параметров, но площадь наплавленного валика при этом увеличивается. Это объясняется, по нашему мнению, большой жидкотекучестью расплавленного металла сварочной ванны, что в свою очередь связано с типом наплавляемого сплава и использованием в качестве порошка-наполнителя комплексно-легированной лигатуры. Значения коэффициента формы шва для всех рассматриваемых порошковых лент с увеличением тока снижаются (рис. 2, г).

В диапазоне токов от 600 до 800 А для лент ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179 наблюдается резкий рост доли основного металла от 0,45 до 0,5...0,53, а для порошковой ленты ПЛ-АН 111 в этом же диапазоне наблюдается ее резкое снижение от 0,6 до 0,55. Доля основного металла для всех трех порошковых лент при дальнейшем увеличении тока в диапазоне 800...1200 А остается практически постоянной, равной 0,5...0,55 (рис. 2, д). Такое неоднозначное поведение этого параметра для различных порошковых лент, на наш взгляд, можно объяснить различиями в характере их плавления, обусловленными, в первую очередь, материалом ленты-оболочки. Так порошковая лента ПЛ-АН 111 изготавлива-

Режимы наплавки

Ток, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч
600 ± 25	32 ± 1	32 ± 1
750 ± 25	32 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	32 ± 1	32 ± 1
1150 ± 25	32 ± 1	32 ± 1
1200 ± 25	32 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	24 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	28 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	36 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	40 ± 1	32 ± 1
900 ± 25	32 ± 1	19 ± 1
900 ± 25	32 ± 1	40 ± 1
900 ± 25	32 ± 1	48 ± 1
900 ± 25	32 ± 1	55 ± 1

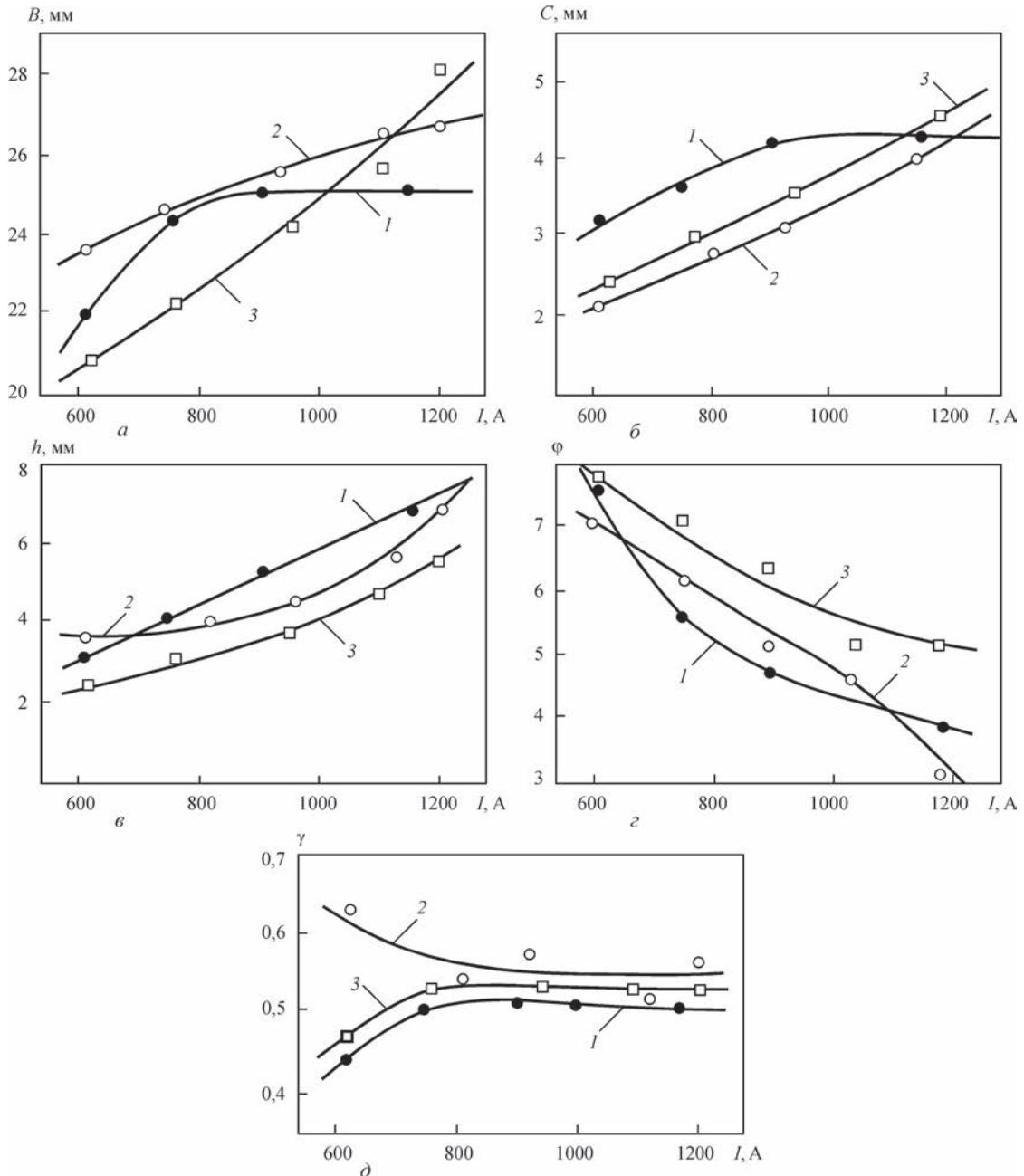


Рис. 2. Изменение геометрических параметров наплавленного валика: ширины (а), высоты (б), глубины проплавления основного металла (в), коэффициента формы шва (г), доли основного металла (д), в зависимости от тока при наплавке порошковыми лентами: 1 — ПЛ-АН 101; 2 — ПЛ-АН 111; 3 — ПЛ-АН 179

ется с применением никелевой ленты-оболочки, обладающей большим удельным сопротивлением, что способствует более значительному подогреву порошковой ленты на вылете. На меньших значениях тока, следовательно при меньшей скорости подачи электродного материала, в общем тепловом балансе более заметную роль играет тепловыделение на вылете электрода, расходуемое на его предварительный подогрев [10]. При плавлении порошковых лент ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179 со стальной лентой-оболочкой, обладающей меньшим омическим сопротивлением, плавление электродного металла осуществляется в основном за счет тепловой мощности дуги. При

достижении определенных значений тока, в рассматриваемом случае 800 А, характер изменения параметров наплавленных валиков для различных порошковых лент становится практически одинаковым. При этом для испытываемых электродных материалов становится постоянным тепловой баланс дуги, расходуемый на плавление электродного и основного металлов. Нам представляется, что более точное объяснение характера изменения доли основного металла может быть получено после проведения дополнительных исследований изменения сопротивления порошковых лент в зависимости от температуры, а также других пара-

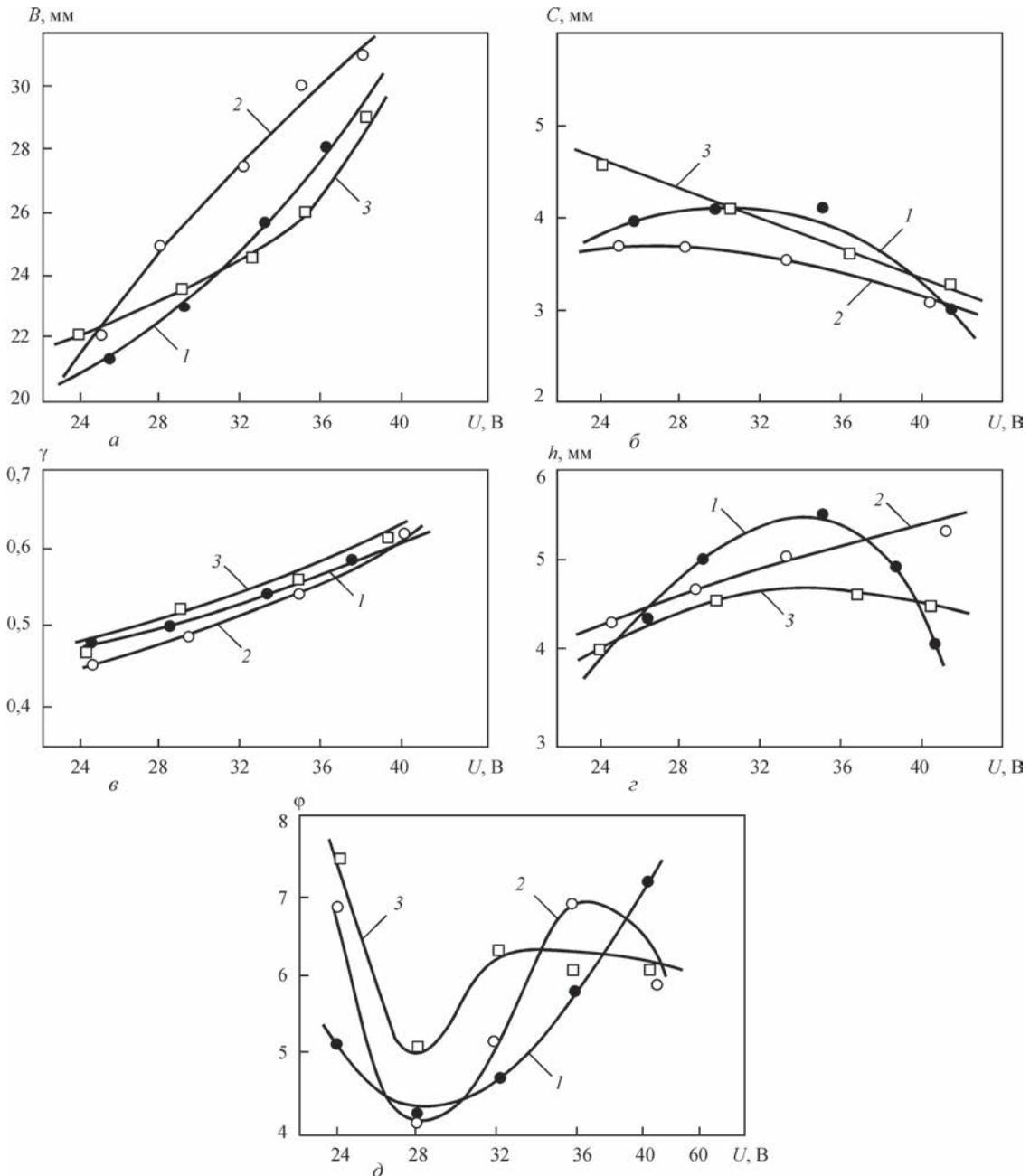


Рис. 3. Изменение геометрических параметров наплавленного валика: ширины (а), высоты (б), доли основного металла (в), глубины проплавления основного металла (д), коэффициента формы шва (е), в зависимости от напряжения при наплавке порошковыми лентами: 1 — ПЛ-АН 101; 2 — ПЛ-АН 111; 3 — ПЛ-АН 179

метров, влияющих на характер плавления электродных материалов.

На рис. 3 представлены геометрические параметры наплавленных валиков в зависимости от напряжения дуги. С увеличением напряжения в диапазоне 24...38 В ширина валика увеличивается с 21...22 до 29...31 мм в зависимости от марки порошковой ленты (рис. 3, а).

При этом высота валика (рис. 3, б) для всех лент снижается, а доля основного металла (рис. 3, в) растет с 0,45...0,5 до 0,6. Что касается глубины проплавления (рис. 3, д) и коэффициента формы шва (рис. 3, е), то их изменение неоднозначно и зависит от испытываемой марки порошковой ленты. Так,

глубина проплавления при использовании ленты ПЛ-АН 111 увеличивается пропорционально увеличению напряжения во всем диапазоне. При наплавке же лентами ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179 при повышении напряжения от 24 до 32 В происходит рост глубины проплавления основного металла, а в диапазоне 32...38 В — снижение этой величины. Причем, особо сильно это выражено для порошковой ленты ПЛ-АН 101.

На наш взгляд, это связано как с характером плавления электродного материала с различными лентами-оболочками, так и с различными свойствами жидкого расплавленного металла.

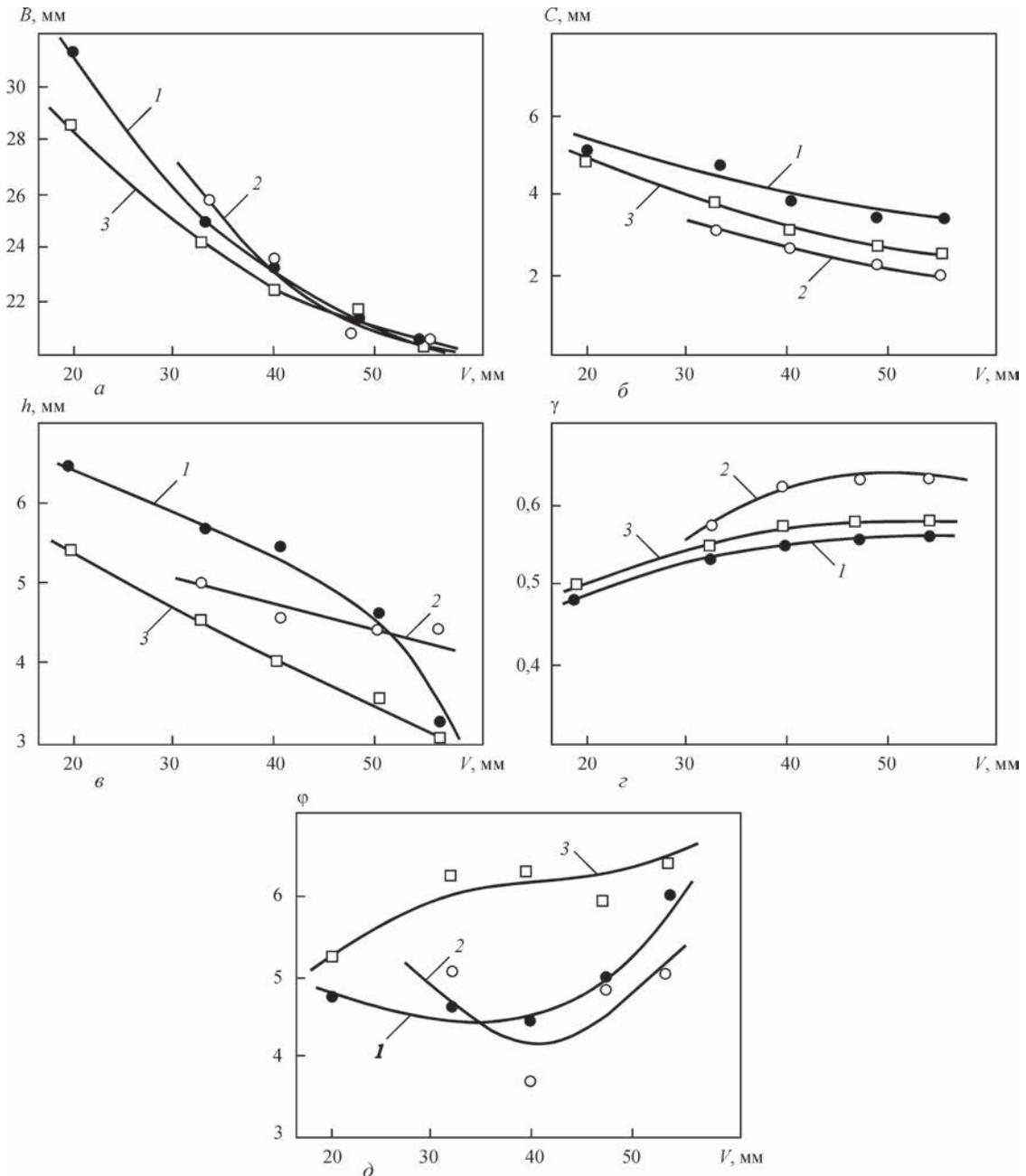


Рис. 4. Изменение геометрических параметров наплавленного валика: ширины (а), высоты (б), глубины проплавления (в), доли основного металла (г), коэффициента формы шва (д), в зависимости от изменения скорости наплавки порошковыми лентами: 1 — ПЛ-АН 101; 2 — ПЛ-АН 111; 3 — ПЛ-АН 179

Наименьшее значение коэффициента формы шва соответствует напряжению 28 В для всех испытываемых марок порошковых лент (рис. 3, д).

В диапазоне минимальных и максимальных значений напряжения дуги коэффициенты формы шва увеличиваются. Влияние скорости наплавки на геометрические параметры наплавленного валика представлены на рис. 4. С увеличением скорости наплавки с 19 до 55 м/ч ширина валика уменьшается с 30...32 до 20,5 мм (рис. 4, а) высота – с 4...5 до 2...3,5 мм (рис. 4, б), глубина проплавления с 5,5...6,5 до 3...4,5 мм (рис. 4, в). Доля основного металла при этом растет при увеличении скорости с 19 до 20 м/ч (рис. 4, г). Даль-

нейшее увеличение скорости наплавки не влияет на долю основного металла. Коэффициент формы шва наиболее низкие значения имеет при скорости 40 м/ч для порошковых лент ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 111. Наиболее низкое значение формы шва для порошковой ленты ПЛ-АН 179 наблюдается при скорости наплавки 19 м/ч (рис. 4, д).

Рассматривая полученные результаты в целом, следует отметить следующее. На геометрические параметры наплавленных валиков, характеристики плавления порошковых лент, а следовательно, химический состав и твердость наплавленного металла, помимо режимов наплавки оказывают существенное влияние состав порошка-наполни-

теля и материал ленты-оболочки. Так, при наплавке порошковой лентой ПЛ-АН 111, изготавливаемой на основе никелевой ленты-оболочки, все исследуемые характеристики в значительной мере отличаются от данных, полученных при наплавке порошковыми лентами ПЛ-АН 101 и ПЛ-АН 179, выполненными из стальной ленты-оболочки. Это, очевидно, можно объяснить более высоким омическим сопротивлением никелевой ленты-оболочки. При этом за счет большего падения напряжения на вылете электрода происходит более интенсивный разогрев порошковой ленты на вылете, что, в свою очередь, увеличивает производительность ее плавления дугой, т. е. ведет к более эффективному использованию тепловой мощности дуги.

1. Наплавка быстроизнашивающихся деталей самозащитными порошковыми лентами / Б. В. Данильченко, В. П. Шимановский, А. П. Ворончук [и др.] // Автоматическая сварка. – 1989. – № 5. – С. 38–41.
2. Жудра А. П. Износостойкая наплавка порошковыми лентами / А. П. Жудра, А. П. Ворончук // Сварщик. – 2010. – № 6. – С. 6–9.
3. Жудра А. П. Наплавочные порошковые ленты (Обзор) / А. П. Жудра, А. П. Ворончук // Автоматическая сварка. – 2012. – № 1. – С. 39–44.
4. Белов Ю. М. Влияние режима автоматической наплавки под флюсом ленточным электродом на сечение валика / Ю. М. Белов // Сварочное производство. – 1961. – № 12. – С. 6–8.
5. Кравцов Т. Т. Электродуговая наплавка электродной лентой / Т. Т. Кравцов. – М.: Машиностроение, 1978. – 188 с.
6. Казарцев В. И. Проплавление основного металла при наплавке электродной лентой / В. И. Казарцев, В. М. Кряжов, Ю. М. Баранов // Автоматическая сварка. – 1968. – № 3. – С. 53–55.
7. Николаенко М. Р. Перенос электродного металла и однородность свойств наплавленного слоя при наплавке порошковым ленточным электродом на форсированных режимах / М. Р. Николаенко, Л. Д. Кузнецов, Г. А. Кортелев // Сварочное производство. – 1976. – № 6. – С. 33–34.
8. Кузнецов Л. Д. Геометрические характеристики валика при наплавке порошковой лентой под флюсом на форсированных режимах / Л. Д. Кузнецов, М. Р. Николаенко, Н. А. Гринберг // Автоматическая сварка. – 1980. – № 9. – С. 58–59.

9. Белоусов Е. Ф. Автоматическая наплавка порошковой лентой уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Е. Ф. Белоусов, Ю. А. Зеленкин, А. М. Рыков // Сварочное производство. – 1973. – № 3. – С. 46–47.
10. Патон Б. Е. Процесс плавления электрода при автоматической сварке под флюсом // Труды по автоматической сварке под флюсом. – К.: Изд-во АН УССР, 1949. – № 4. – С. 22–38.

О. П. Жудра, О. П. Ворончук,
В. О. Кочура, В. В. Федосенко

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

ВПЛИВ РЕЖИМІВ НАПЛАВЛЕННЯ ПОРШКОВИМИ СТІЧКАМИ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ НАПЛАВЛЕНИХ ВАЛИКІВ

Досліджено вплив параметрів режиму наплавлення порошковими стрічками на геометричні розміри наплавлених валиків. Розглянуто особливості плавлення порошкових стрічок в залежності від типу оболонки і хімічного складу сердечника. Як об'єкти досліджень широко застосовуються обрані порошкові стрічки ПЛ-АН 101 і ПЛ-АН 179, виготовлені на основі сталевих стрічки оболонки, а також стрічка ПЛ-АН 111 на основі нікелевої оболонки. Наплавлення виконувалося на апараті А-874Н, укомплектованому джерелом живлення ВДУ 1201 і приставкою АТ 167, в широкому діапазоні режимів. Встановлено, що зі збільшенням струму від 600 до 1200 А для всіх досліджених марок порошкових стрічок притаманний приріст ширини валика, його висоти і глибини проплавлення основного металу. Значення коефіцієнта форми шва для всіх розглянутих типів порошкових стрічок зі збільшенням струму знижується. Зі збільшенням напруги дуги в діапазоні 2...38 В ширина валика збільшується, а висота знижується на тлі зростання частки основного металу. Змінювання глибини проплавлення і коефіцієнта форми шва неоднозначне і залежить від типу порошкової стрічки. Бібліогр. 10, табл. 1, рис. 4.

Ключові слова: порошкова стрічка, режими наплавлення, глибина проплавлення, геометричні параметри валика, частка основного металу

Поступила в редакцію 02.12.2016

WRTYS 2017

IX Международная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов «Сварка и родственные технологии»

23–26 мая 2017 г.

Киевская область

Совет научной молодежи ИЭС при поддержке Национальной академии наук Украины и Института электросварки им. Е. О. Патона проводит 23–26 мая 2017 г. IX Международную конференцию молодых ученых и специалистов «Сварка и родственные технологии».

Контакты: www.wrtys.com.ua, E-mail: office@paton.kiev.ua
Тел.: +38 (044) 200-47-83, факс: +38 (044) 528-04-86