

С.Д. Неулыбин, Д.С. Белинин, П.С. Кучев, И.А. Гилев
S.D. Neulybin, D.S. Belinin, P.S. Kuchev, I.A. Gilev

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ МЕДИ ПРИ РАБОТЕ ПЛАЗМАТРОНА НА ТОКЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ

RESEARCH PLASMA SURFACING OF COPPER BY WORKING OF PLASMA TORCH ON DIRECT AND REVERSE POLARITY CURRENT

Представлены результаты исследования плазменной наплавки меди при работе плазматрона на токе прямой и обратной полярности. Установлена зависимость качества наплавленного слоя от полярности тока.

Here are shown the research results of plasma surfacing of copper by working of plasma torch on direct and reverse polarity current. It is found dependence the quality of surfacing layer from current polarity.

Ключевые слова: плазматрон, плазменная наплавка, медь, полярность, сталь.

Keywords: plasma torch, plasma surfacing, copper, polarity, steel.

Современное развитие техники и технологий предъявляет повышенные требования к надежности узлов механизмов и машин. Большинство используемых конструкций и изделий работает в сложных условиях: при больших суммарных и контактных нагрузках, перепаде температур и воздействии агрессивных сред и др. В большинстве случаев основной металл детали отличается по свойствам от материала рабочей поверхности. Используя различные по составу металлические и неметаллические материалы, можно придавать рабочей поверхности детали требуемые свойства [1]. Универсальными и совершенными методами нанесения защитных покрытий являются напыление и наплавка. Наплавленные слои позволяют получить необходимые технологические свойства рабочей поверхности изделия: кислотостойкость, жа-

ропрочность, коррозионостойкость, износостойкость, антифрикционные свойства и др. [2].

Такие свойства меди, как электро- и теплопроводность, пластичность, коррозионная стойкость, позволяют использовать ее при изготовлении изделий военной промышленности, химической аппаратуры, кристаллизаторов, испарителей, фурм доменных печей, для уплотнения запорной арматуры нефтяной промышленности и во многих других областях техники. Во многих изделиях применение меди во всем объеме изделия экономически нецелесообразно. Замена деталей, полученных из отливок цветных металлов, биметаллическими – один из перспективных способов, позволяющих снизить расход дорогостоящих компонентов и себестоимость изготовления, так как при наплавке доля наплавленного металла составляет несколько процентов от массы всего изделия.

Целый ряд факторов затрудняет наплавку меди и ее сплавов на сталь. Основными из них являются: 1) значительное сродство жидкой меди к кислороду; 2) большая растворимость газов, особенно водорода, в жидкой меди; 3) высокая тепло- и электропроводность меди; 4) повышенная жидкотекучесть меди [3].

В настоящее время в промышленности широкое применение нашли методы наплавки, основанные на плавлении основного и присадочного металла: ручная наплавка покрытыми электродами, электродуговая наплавка в среде защитных газов. Однако эти методы исчерпали свои возможности в области улучшения качества наплавки. В случае применения способов наплавки, при которых основной металл расплавляется, происходит перемешивание расплавленной стали с жидкой медью и протекают физико-химические процессы на межфазной границе. Вследствие этого в металл наплавки переходит большое количество железа (от 4 до 55–60 %), и, естественно, оно будет находиться в структурно-свободном состоянии в виде отдельной фазы. Свойства наплавленного слоя при этом ухудшаются, и изделие не удовлетворяет требуемым характеристикам.

Наиболее целесообразно с технологической и экономической точки зрения применение технологии наплавки плазменной дугой. Плазменная наплавка обеспечивает минимальное проплавление основного металла и позволяет снизить долю участия основного металла в наплавленном слое. Одним из основных преимуществ плазменной наплавки является широкий диапазон регулирования параметров режима наплавки [4].

Целью нашей работы являлось исследование вариантов плазменной наплавки меди на сталь при работе плазматрона на токе прямой и обратной полярности. При работе на прямой полярности (рис. 1, а) изделие является ано-

дом. Как известно, анодные процессы сопровождаются повышенным выделением тепла. Это приводит к глубокому проплавлению основного материала и повышению доли участия его в наплавленном слое. При наплавке на обратной полярности (рис. 1, б) изделие является катодом и нагревается значительно меньше. В результате катодного эффекта происходит очистка поверхности основного металла от окислов и загрязнений, улучшается смачивание наплавленной поверхности жидкого металла и повышается качество сплавления металла. Процесс блуждания нестационарных катодных пятен по поверхности изделия приводит к резкому нагреву, расплавлению и испарению металла в очень тонком поверхностном слое.

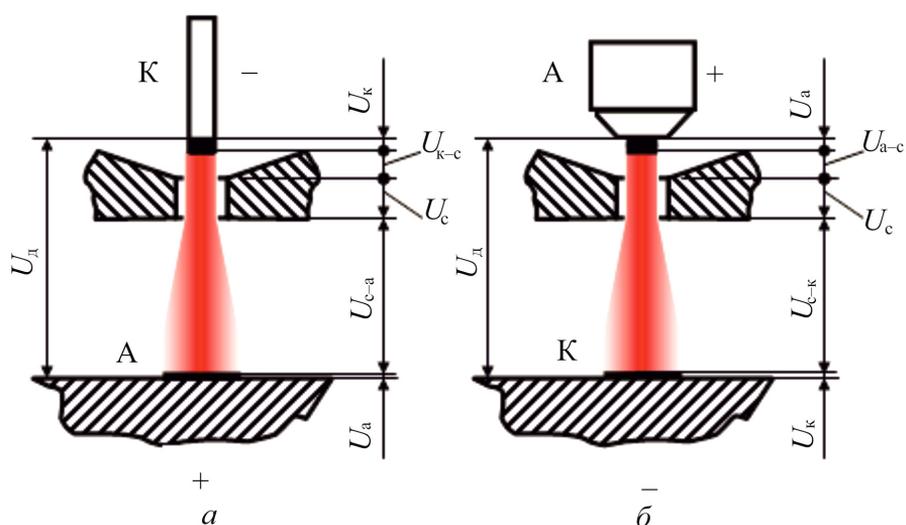


Рис. 1. Структурная модель плазменной дуги прямого действия: *a* – прямая полярность; *б* – обратная полярность; К – катод; А – анод; U_d – напряжение дуги, В; U_a – напряжение на аноде, В; U_k – напряжение на катоде, В; U_c – напряжение на плазмообразующем сопле, В; $U_{к-с}$ – напряжение на участке катод – сопло, В; $U_{а-с}$ – напряжение на участке анод – сопло, В; $U_{с-а}$ – напряжение на участке сопло – анод, В; $U_{с-к}$ – напряжение на участке сопло – катод, В

Использовался универсальный плазматрон и блок плазменной сварки, разработанные на кафедре сварочного производства и технологии конструкционных материалов ПНИПУ для работы на прямой и обратной полярности. Плазменная наплавка производилась на пластину ($\delta = 8$ мм) медной проволокой М1 ($d = 1,5$ мм) в три прохода (рис. 2).



Рис. 2. Наплавленный образец:
слева – прямая полярность;
справа – обратная полярность

Проведенные на разработанном оборудовании исследования позволяют выделить наиболее благоприятные режимы плазменной наплавки. Режимы наплавки на прямой и обратной полярности приведены ниже.

Режим наплавки на прямой полярности (I_d – ток дуги, А; $d_{ПС}$ – диаметр опла, мм; $V_{п.п}$ – скорость подачи проволоки, м/мин; $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч):

I_d , А	$d_{ПС}$, мм	$V_{п.п}$, м/мин	$V_{св}$, м/ч
180	5	1,8	7,2

Режим наплавки на обратной полярности:

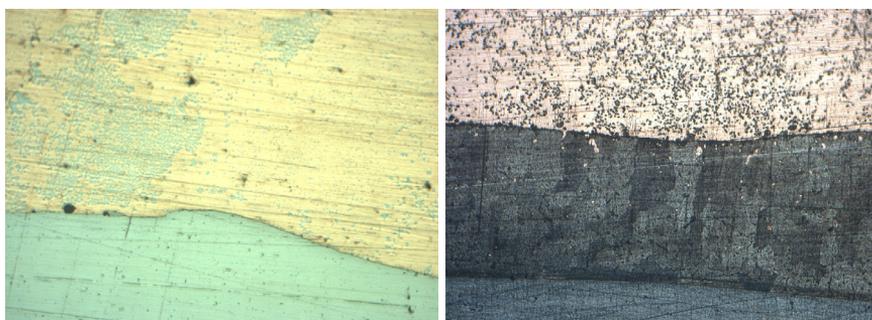
I_d , А	$d_{ПС}$, мм	$V_{п.п}$, м/мин	$V_{св}$, м/ч
160	5	2	7,2

При использовании в процессе наплавки на токе обратной полярности удается увеличить ширину наплавленного валика в 1,5–2 раза (рис. 3).



Рис. 3. Наплавленная дорожка на токе обратной полярности

Макро- и микроструктурные исследования наплавленных образцов показали, что при наплавке на токе прямой полярности заметно проплавление основного материала, наблюдается растворение меди в основном материале и вкрапления основного материала в наплавленном слое, размеры вкраплений не превышают 0,01 мм. Размер переходной зоны вследствие нагрева составляет 0,5 мм (рис. 4). При использовании тока обратной полярности наблюдается четкая граница сплавления, отсутствует переходная зона (граница 0,05 мм). Заметно резкое снижение доли участия основного металла в наплавленном слое (рис. 5).



a *б*
Рис. 4. Макро- (*a*) и микроструктура (*б*) наплавленного слоя на токе прямой полярности. $\times 100$



a *б*
Рис. 5. Макро- (*a*) и микроструктура (*б*) наплавленного слоя на токе обратной полярности. $\times 100$

Сделаем следующие выводы:

Проведено исследование плазменной наплавки меди дугой прямого действия на токе прямой и обратной полярности. При наплавке отсутствуют дефекты наплавленного слоя, обеспечивается хорошее смачивание наплавлен-

ных слоев, отсутствует волнистость. При наплавке меди на сталь без ее расплавления на токе обратной полярности обеспечивается структурная однородность металла наплавки на различных микроучастках, что обеспечивает высокие физико-механические свойства.

Рекомендуется применение технологии плазменной наплавки на токе обратной полярности, что позволяет увеличить ширину наплавки в 1,5 раза по сравнению с шириной наплавки на токе прямой полярности. Плазменная наплавка током обратной полярности обеспечивает качественную наплавку, при которой медь сохраняет необходимые свойства.

Список литературы

1. Готальский Ю.Н. Сварка разнородных сталей. – Киев: Техніка, 1981. – 184 с.
2. Плазменная наплавка металлов / А.Е. Вайнерман, М.Х. Шоршоров, В.Д. Веселков, В.С. Новосадов. – М.: Машиностроение, 1969. – 192 с.
3. Сварка разнородных металлов и сплавов / В.Р. Рябов, Д.М. Рабкин, Р.С. Курочко, Л.Г. Стрижевская. – М.: Машиностроение, 1984. – 239 с.
4. Белинин Д.С., Щицын Ю.Д. Особенности структурообразования при плазменной поверхностной закалке на большую глубину изделий из стали 40Х13 // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 4 (5). – С. 1202–1205.

Получено 2.10.2013

Неулыбин Сергей Дмитриевич – магистрант, ПНИПУ, гр. ТСП-12м, e-mail: sn-1991@mail.ru.

Белинин Дмитрий Сергеевич – ассистент, ПНИПУ, МТФ, e-mail: 5ly87@mail.ru.

Кучев Павел Сергеевич – ассистент, ПНИПУ, МТФ, e-mail: kучев.p@gmail.com.

Гилев Иван Александрович – магистрант, ПНИПУ, гр. ТСП-11м, e-mail: navokain@mail.ru.