

УДК 621.791.92

© Белик А.Г.<sup>1</sup>, Ефременко Б.В.<sup>2</sup>, Чейлях Я.А.<sup>3</sup>**СПОСОБЫ ШИРОКОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ СПЛАВОВ**

*Выполнен сравнительный анализ известных способов широкослойной наплавки износостойких сплавов с применением различных наплавочных материалов. Показаны их достоинства и недостатки. На основании проведенного анализа показано, что применение широкослойной наплавки позволит регулировать долю участия основного металла в наплавленном с получением требуемого химического состава и требуемых геометрических размеров наплавленного слоя.*

**Ключевые слова:** широкослойная наплавка, износостойкий сплав, порошковый ленточный электродный материал, доля участия основного металла в наплавленном.

**Білик О.Г., Ефременко Б.В., Чейлях Я.О. Способи широкошарового наплавлення зносостійких сплавів.** Виконано порівняльний аналіз відомих способів широкошарового наплавлення зносостійких сплавів із застосуванням різних наплавлювальних матеріалів. Показані їх достоїнства та недоліки. На підставі проведеного аналізу показано, що застосування широкошарового наплавлення дозволить регулювати частку участі основного металу в наплавленому з отриманням необхідного хімічного складу і необхідних геометричних розмірів наплавленого шару.

**Ключові слова:** широкошарове наплавлення, зносостійкий сплав, порошковий стрічковий електродний матеріал, частка участі основного металу у наплавленому.

**O.G. Belik, B.V. Efremenko, Ya.O. Cheiliakh. Methods of wide layer surfacing of wear-resistant alloys.** A comparative analysis of known methods of wide layer surfacing of wear-resistant alloys with different surfacing materials has been made. The technological schemes of surfacing are described and discussed. The advantages and drawbacks of different surfacing methods have been analyzed. The only generally accepted method is a single-pass welding as a result of which one roller forms. It has been shown that wide-layer surfacing makes it possible to get the desired chemical composition and the desired geometric dimensions of the deposited layer. It has been shown that for wide-layer surfacing of wear-resistant alloys in different ways there must be minimum contents of the base metal in the weld. Welding regimes adjusting and selecting proper powder electrode design can provide proper joining of the base and deposited metal. Obtaining the required chemical composition of the deposited layer depends on the share of the base and deposited metal, it depending on the welding process. It is necessary to apply several layers surfacing to obtain the required geometric parameters of the deposited coating layer. The recommendations for practical applications of wide layer surfacing concerning wear resistant alloys and powder strips have been formulated.

**Keywords:** wide layer surfacing, wear-resistant alloy, powder strip, electrode material, share of the base metal, the deposited metal.

**Постановка проблемы и анализ известных исследований и публикаций.** Для наплавки износостойких сплавов разработаны различные способы. При наплавке массивных изделий с большой поверхностью для их восстановления или упрочнения применяются различные комбинации: ленточные электродные материалы сплошного сечения и профилированные ленты, многоэлектродная наплавка, печная наплавка композиционного сплава. Получение требуемых

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [alexbelick@yandex.ua](mailto:alexbelick@yandex.ua)

<sup>2</sup> аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [bodyaefr@gmail.com](mailto:bodyaefr@gmail.com)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», г. Мариуполь

геометрических размеров зависит от ряда факторов – режим наплавки, форма и размеры электродного материала.

При наплавке высокую производительность процесса обеспечивается применением порошковых ленточных электродных материалов. В зависимости от состава оболочки и сердечника возможно получение требуемого химического состава наплавленного металла с необходимыми служебными свойствами. Как правило, расчет состава порошкового электрода ведется исходя из взаимодействия химических элементов для получения заданного химического состава и необходимых свойств наплавленного металла [1].

**Целью данной работы** является проведение сравнительного анализа существующих способов широкослойной наплавки износостойких сплавов.

**Изложение основного материала.** При наплавке требуемые геометрические размеры наплавленного слоя возможно получить с использованием электродного материала соответствующего размера, применять многоэлектродную наплавку, производить наплавку колеблющимся электродом и другие.

При использовании определенного электродного материала возможно получение наплавленного слоя, в несколько раз превышающего исходные геометрические размеры электрода. Одним из распространенных является способ однопроходной наплавки одним валиком. Достижение требуемого химического состава зависит от доли участия основного металла в наплавленном, рис. 1, и рассчитывается следующим образом:

$$m = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n} \cdot 100\% ,$$

где  $F_{np}$  – площадь проплавления, мм<sup>2</sup>;  
 $F_n$  – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>.

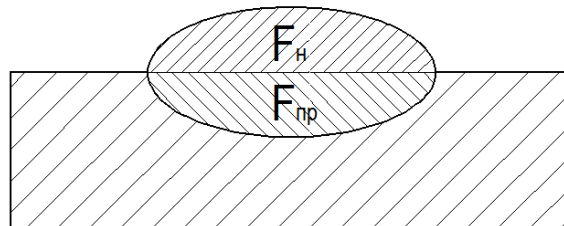


Рис. 1 – Схема расчета доли участия основного металла в наплавленном слое

Долю участия основного металла в наплавленном можно регулировать с помощью режимов наплавки, выбором конструкции порошкового электродного материала. Получение требуемого химического состава в наплавленном слое во многом зависит от доли участия основного металла в наплавленном и зависит от способа наплавки.

Поэтому наплавку стремятся производить в таких режимах, чтобы доля участия основного металла в наплавленном была минимальной. Этого можно достичь, когда наплавленный слой будет наноситься на наплавливаемую поверхность по линии сплавления подобно пайке, т.е. наплавленный слой будет соприкасаться по прямой линии с поверхностью основного металла, рис. 2.

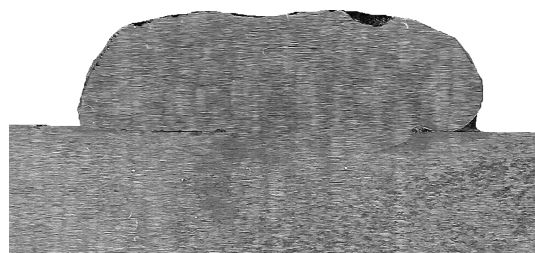


Рис. 2 – Однопроходная наплавка одним валиком с минимальной долей участия основного металла в наплавленном

В работе [2] приведены результаты исследований наплавки двумя порошковыми лентами ПЛ-АН101 по схемам, рис. 3. Для этих схем разработаны подающие устройства к наплавочной установке.

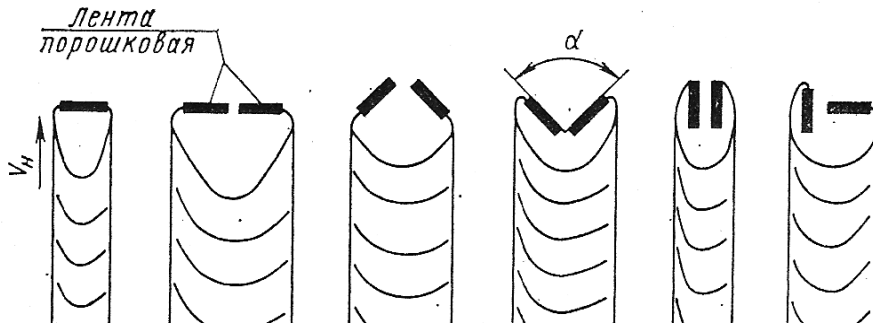


Рис. 3 – Схемы расположения порошковых лент при наплавке

Указанные схемы наплавки позволяют получить наплавленный слой шириной 10-55 мм при увеличении скорости процесса наплавки в 1,2-1,5 раз.

Для повышения срока службы контактных поверхностей конусов и чаш засыпных аппаратов доменной печи износостойкую наплавку производили порошковым ленточным электродом с поперечными колебаниями на ширину контактного пояса [3]. Процесс осуществлялся в два слоя (толщиной 4 мм + 4 мм) следующим образом: электрод из конечной точки контактного пояса движется по образующей к начальной точке, где останавливается, деталь поворачивается на заданный угол (шаг наплавки 12-15 мм) и электрод возвращается в исходное положение. В этом случае получали удовлетворительное формирование наплавленного слоя при скорости наплавки 36-41 м/ч.

Авторами работы [4, 5] предложено повысить производительность наплавки за счет поперечных колебаний с амплитудой электрода 200 мм с шагом 10 мм по схеме, рис. 4.

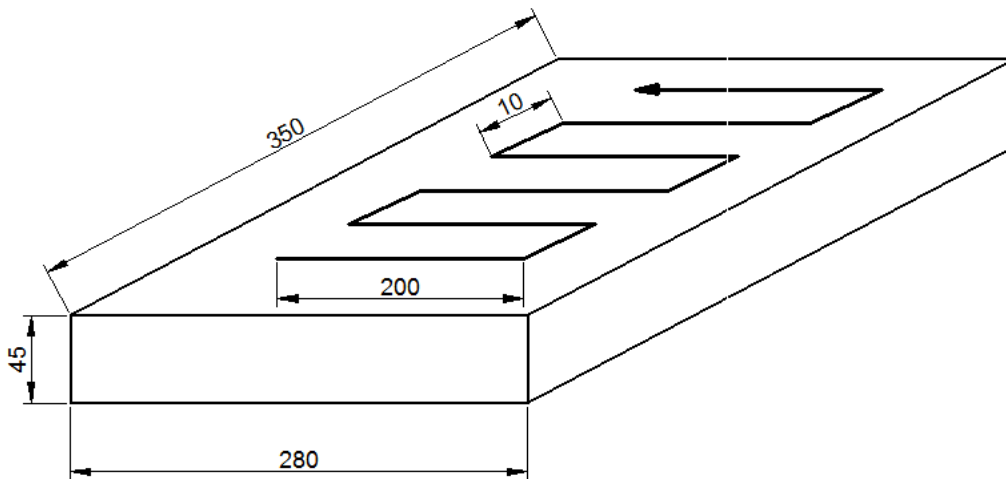


Рис. 4 – Схема наплавки порошковой лентой с колебаниями порошковой лентой ПЛ-АН101

Наплавка ленточными электродными материалами позволяет получить малую глубину проплавления и, соответственно, долю участия основного металла в наплавленном. Авторами работы [6] для повышения производительности и качества наплавки с возможностью наплавки под флюсом слоя значительной ширины предложен способ с использованием составного электрода, состоящего из нескольких лент сплошного сечения, центральная лента размером 50x0,5 мм, боковые – 25x0,5 мм, схема расположения показана на рис. 5.

При использовании составного электрода можно повысить производительность наплавки

до 20 г/А·ч и регулировать формирование наплавленного металла а также глубину проплавления.

Наряду с использованием ленточных электродных материалов, проводились исследования с использованием многоэлектродной наплавки проволочными электродами. В работе [7] производили наплавку девятью электродными проволоками Св-08 диаметром 3 мм слоя 7-8 мм шириной 150 мм с удовлетворительным формированием. При многоэлектродной наплавке следует учитывать ряд особенностей [8] – повышение производительности наплавки за счет ширины наплаваемого слоя достигается за счет увеличения сварочного тока при сохранении напряжения и скорости наплавки неизменными. Кроме этого, на процесс наплавки существенное влияние оказывает расстановка электродов. При наплавке 6 проволоками Св-08 диаметром 3 мм при расстоянии между их осями 10 мм ширина наплавленного слоя составила 50 мм. При увеличении расстояния между электродными проволоками до 20 мм наблюдается индивидуальный характер плавления проволок и наблюдается достаточно глубокое проплавление под каждой из них. Уменьшение расстояния между ними позволяет уменьшить глубину проплавления, но при этом наблюдается волнистость линии сплавления.

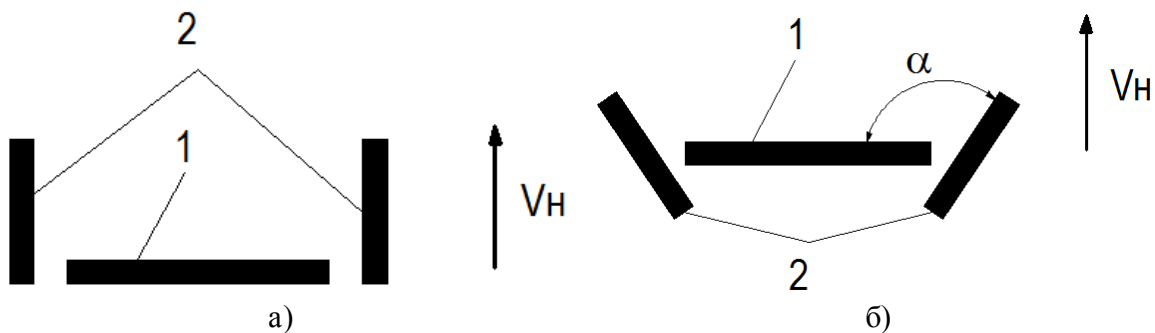


Рис. 5 – Схема размещения лент при наплавке составным электродом: а – расположение боковых лент под прямым углом относительно центральной; б – расположение боковых лент под углом ( $\alpha > 90^\circ$ ) относительно центральной; 1 – центральная лента; 2 – боковые ленты

Способ широкослойной наплавки с поперечными колебаниями ленточного электрода позволяет получить минимальную долю участия основного металла в наплавленном (4-6%) за счет амплитуды колебаний, частоты и скорости перемещения электрода, а также получить более ровную линию сплавления с формированием структуры и наплавленного слоя из общего расплава сварочной ванны.

Использование механизированного многоэлектродного способа наплавки порошковыми лентами с использованием поперечного магнитного поля [9] позволяет получить наплавленный слой без перекрытия валиков и волнистости линии сплавления. При этом ширина наплавленного слоя может достигать 300 мм. Перемещение дуги между электродными порошковыми лентами осуществляется под действием магнитного поля, а образование общей ванны способствует более равномерному формированию наплавленного слоя и распределению износостойкой фазы.

Анализ способов наплавки показывает, что наиболее благоприятным, с точки зрения формирования наплавленного слоя и износостойкой фазы, можно считать способы, при которых возможно получить заданный химический состав при минимальном перемешивании наплавленного металла с основным, с применением оптимальных параметров режимов.

### Выводы

1. Применение широкослойной наплавки позволит регулировать долю участия основного металла в наплавленном, что обеспечит получение требуемого химического состава.
2. Для наплавки износостойких сплавов следует применять различные способы широкослойной наплавки с получением минимальной доли участия основного металла в наплавленном.
3. Для получения требуемых геометрических параметров наплавленного слоя чаще применяется наплавка в несколько слоев.

**Список использованных источников:**

1. Чигарев В.В. Порошковые ленты для наплавки / В.В. Чигарев, А.Г. Белик // Сварочное производство. – 2011. – № 8. – С. 38-44.
2. Наплавка двумя ленточными электродами / В.Н. Харитонов [и др.] // Сварочное производство. – 1978. – № 6. – С. 46-48.
3. Зареченский А.В. Некоторые вопросы технологии наплавки засыпных аппаратов / А.В. Зареченский, А.А. Колечко // Сварочное производство. – 1970. – № 10. – С. 49-50.
4. Разиков М.И. Влияние режимов широкослойной наплавки на размеры наплавленного слоя / М.И. Разиков, Н.В. Королев // Автоматическая сварка. – 1966. – № 12 (165). – С. 37-42.
5. Образование трещин при наплавке высокохромистого чугуна на сталь / Ю.А. Юзвенко, В.И. Махненко, В.М. Шекера, В.П. Шимановский // Автоматическая сварка. – 1971. – № 9. – С. 15-19.
6. Гулаков С.В. Управление химическим составом металла, наплавляемого ленточным электродом / С.В. Гулаков, В.Н. Матвиенко, Я.В. Матвиенко // Захист металургійних машин від поломок : Зб. наук. пр. / ПГТУ. – Маріуполь, 2008. – Вип. 10. – С. 231-235.
7. Меликов В.В. Широкослойная износостойкая наплавка зубьев ковшей эксковаторов ЭКГ-4,6 / В.В. Меликов [и др.] // Сварочное производство. – 1977. – № 8. – С. 45-46.
8. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка / В.В. Меликов. – М. : Машиностроение. – 1988. – 144 с.
9. Тарасов В.В. Широкослойная наплавка в поперечном магнитном поле открытой дугой / В.В. Тарасов, П.Ф. Лаврик, Л.К. Лещинский // Автоматическая сварка. – 1973. – № 1. – С. 73-74.

**References:**

1. Chigarev V.V., Belik A.G. Poroshkovye lenty dlia naplavki [Powder strip for surfacing]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 2011, no. 8, pp. 38-44. (Rus.)
2. Kharitonov V.N., Antsiferov G.D., Kovaler G.I. Naplavka dvumia lentochnymi elektrodami [Surfacing of two strip electrodes]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 1978, no. 6, pp. 46-48. (Rus.)
3. Zarechensky A.V., Kolechko A.A. Nekotorye voprosy tekhnologii naplavki zasyynykh apparatov [Some issues of technology of welding of the charging apparatus]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 1970, no. 10, pp. 49-50. (Rus.)
4. Razikov M.I., Korolev N.M. Vliianie rezhimov shirokosloinoi naplavki na razmery naplavlennogo sloia [Influence of modes out broad-zoned surfacing on the size of the deposited layer]. *Avtomaticheskaiia svarka – Automatic welding*, 1966, no. 12, pp. 37-42. (Rus.)
5. Yuzvenko Yu.A., Makhnenko V.I., Shekera V.M., Szymanowski V.P. Obrazovanie treshchin pri naplavke vysokokhromistogo chuguna na stal' [Formation of cracks in surfacing of high-chromium cast iron to steel]. *Avtomaticheskaiia svarka – Automatic welding*, 1971, no. 9, pp. 15-19. (Rus.)
6. Gulakov S.V., Matvienko V.N., Matvienko Y.V. Upravlenie khimicheskim sostavom metalla, naplavliaemogo lentochnym elektrodom [Management of the chemical composition of the metal filler strip electrode]. *Zakhyst metalurhiynykh mashyn vid polomok – Protection of metallurgical machinery from damage*, 2008, no. 10, pp. 231-235. (Rus.)
7. Malikov V.V., Brodyansky O.M., sheynman E.L. Shirokosloinaia iznosostoikaia naplavka zub'ev kovshei ekskavatorov EKG-4,6 [Broad-zoned surfacing of the wear-resistant teeth buckets for excavators EKG-4,6]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 1977, no. 8, pp. 45-46. (Rus.)
8. Malikov V.V. *Mnogoelektrodnaia naplavka* [Multielectrode welding]. Moscow, Mechanical Engineering Publ., 1998. 144 p. (Rus.)
9. Tarasov V.V., Lavrik P.F., Leshchinsky L.K. Shirokosloinaia naplavka v poperechnom magnitnom pole otkrytoi dugoi [Broad-zoned surfacing in a transverse magnetic field open arc]. *Avtomaticheskaiia svarka – Automatic welding*, 1973, no. 1, pp. 73-74. (Rus.)

Рецензент: А.Д. Размышляев  
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.10.2016