

УДК 621.791

Лебедев В.А., докт. техн. наук, профессор
Жук Г.В.

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев, valpaton@ukr.net

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧИ
ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ**

Автоматическая и механизированная электродуговая сварка и наплавка с применением различных видов электродных проволок имеют очень широкое распространение практически во всех отраслях промышленности, строительства и др., включая специальные задачи, с применением в различных условиях, в том числе сварка под водой мокрым способом.

Разработано большое число различных конструкций сварочного оборудования, в том числе на основе цифровых технологий, позволяющих в той или иной мере осуществить управление различными элементами дугового процесса. Это, в частности, относится к использованию инверторных источников тока, на основе которых реализуются различные импульсные алгоритмы управления переносом электродного металла – наиболее эффективного способа организации сварочного процесса с уменьшением разбрызгивания, повышением качества сварного соединения и др.

В настоящее время появилась альтернатива применению инверторных источников – механизмы подачи с импульсным перемещением электродной проволоки, в том числе с управляемыми характеристиками. Такое оборудование может решать большинство проблем сварки – наплавки, включая значительное повышение эксплуатационных свойств сварного соединения и наплавленного слоя при снижении материальных и энергетических ресурсов.

Исследование особенностей управляемых импульсных алгоритмов подачи проволоки, включая новую разработку дозированной подачи, позволили выявить ряд возможностей этих систем, которые ранее подробно не рассматривались. Приведём ряд примеров.

На фотографии рис.1 представлены кадры переноса электродного металла при наплавке обычным процессом и процессом с импульсной подачей электродной проволоки Св08Г2с диаметром 1, 2 мм при сварке в защитных газах. На фотографиях видно, что колебания жидкого металла при импульсе более значимы, чем при обычной подаче. Это особенно заметно в момент короткого замыкания (кадры 2, 3).

Известно, что вибрационные воздействия на жидкий металл ванны, оказывают существенное влияние на кристаллизацию этого металла и позволяет существенно уменьшить рост кристаллитов, способствовать их дезориентации, повысить вероятность дегазации ванны, обеспечивать выход неметаллических соединений и повышение прочности сварного шва и наплавленного валика. Этим и рядом других явлений объясняется необходимость более детального изучения сварочной ванны при использовании импульсной подачи проволоки.

Получение математического описания явлений в сварочной ванне - очень сложная задача. При экспериментальных исследованиях движение ванны расплавленного металла изучали по результатам скоростной видеосъемки во время переноса электродного

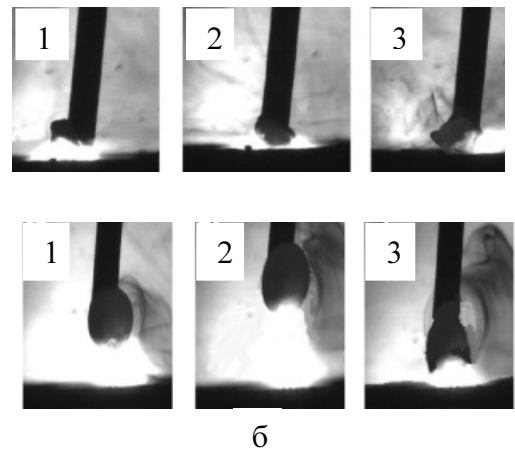


Рис.1 – Перенос электродного металла: а - обычная подача; б- импульсная подача

металла. Использовалась камера скоростной видеосъемки *Mikrotron MC – 1310* с частотой до 1 кГц, лампа подсветки столба дуги *LSB 640 Hg*.

По характерным результатам видеосъемки всего участка ванны определялась зависимость

$$h = f(l), \tag{1}$$

где h – высота ванны;

l – расстояние по длине ванны.

Точки измерения h, l отсчитывались от оси подачи электродной проволоки на уровне наплавляемого металла.

На рис. 2 представлена зависимость (1) для ряда временных промежутков от 0 до 3 мс.

Если выполнить комплекс измерений колебаний сварочной ванны для ряда импульсов подачи электродной проволоки с анализом полученных микрошлифов то можно найти зависимости влияния параметров импульсной подачи на структуру металла шва, в частности на измеряемую характеристику – величину кристаллитов.

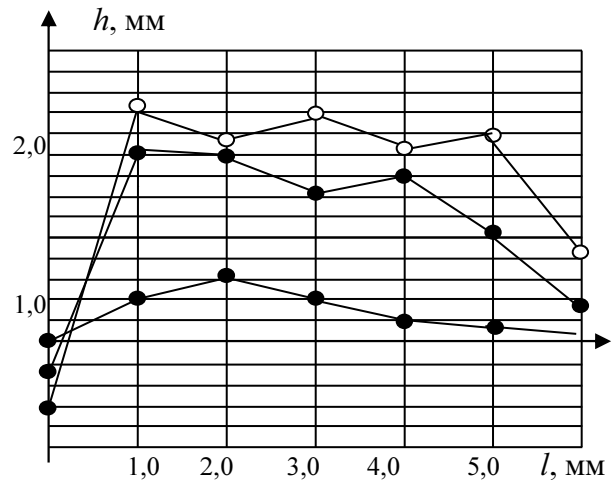


Рис.2 – Перемещение поверхности ванны относительно начала измерений

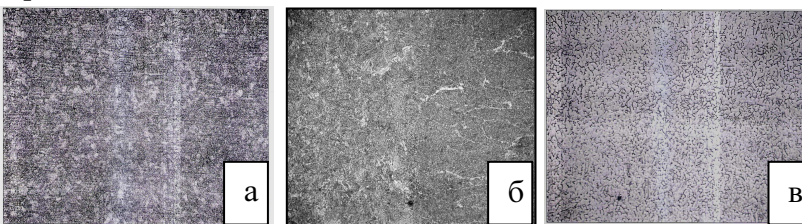


Рис.3 – Микрошлифы сечений наплавленного в среде CO_2 электродной проволокой диаметром 1,2 мм с 200 кратным увеличением при сварке: а) с плавной подачей проволоки; б) с импульсной подачей; в) с дозированной подачей

На фотографии приведенной на рис. 3 представлены оценки микроструктуры наплавленного металла при разных подачах электродной проволоки. Анализ массива микрошлифов, полученных в результате наплавки, в том числе с импульсными алгоритмами воздействия электродной проволоки на ванну расплавленного металла показывает, что в случае действия импульса движения происходит дробление кристаллитов и их дезориентация.

Изучение этого эффекта проводилась на образцах путём измерения твёрдости наплавленных слоев и определения размеров кристаллитов на оптическом микроскопе НЕОРНОТ 32 с использованием методик,

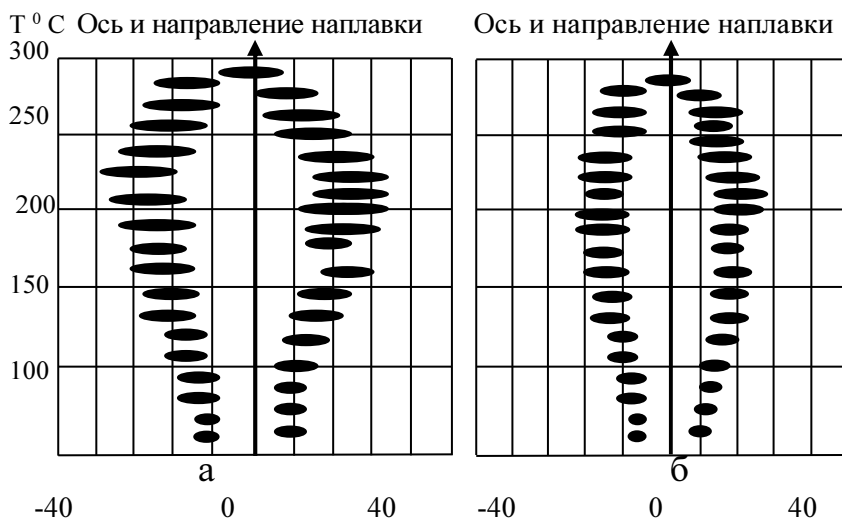


Рис.4 – Распределение температур при сварке а) с импульсной подачей проволоки, б) с постоянной подачей проволоки

регламентированных ГОСТ 5639 – 82.

Сравнение приведено в табл.1. при наплавке легированных сталей в средней части наплавленного валика. При сварке – наплавке с дозированной подачей электродной проволоки, используя специальные целенаправленные настройки системы управления, можно ещё более снизить геометрические размеры кристаллитов.

Таблица 1

Подача электродной проволоки	Ширина кристаллитов, мкм	Коэффициент формы кристаллитов
Плавная	97,5	6,8
Импульсная	70,0	4,56
Дозированная с целенаправленной настройкой	52	3,12

Показатели твёрдости были получены с помощью твёрдомера LECO M – 400 по методикам ДСТУ ISO 6507-1:2007 при нагрузке индентора на образец 1 кГ. Некоторые усреднённые результаты измерений в его центре наплавки и в зоне термического влияния даны в табл. 2

Таблица 2

Способ подачи проволоки	Твёрдость наплавленного металла $B \times 10^7$ Па	Твёрдость металла зоны термического влияния ЗТВ $B_{ЗТВ} \times 10^7$ Па
Плавный	165	161
Импульсный	198	212
Дозированный	202	218...225

При сварке – наплавке с дозированной подачей электродной проволоки, используя специальные целенаправленные настройки системы управления, можно ещё более снизить геометрические размеры кристаллитов и повысить твёрдость наплавленного слоя.

УДК 621.791

Лебедев В.А., докт. техн. наук, профессор
Жук Г.В.

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев, valpaton@ukr.net

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

В последнее время технико-технологическое совершенствование автоматов и полуавтоматов для электродуговой сварки и наплавки связано с разработкой и конструированием одной из основных систем – системы подачи электродной проволоки с базовым узлом – механизмом подачи. Основные разработки в этом направлении направлены на применение импульсной подачи электродной проволоки. При этом имеются разработки как простых систем с практическим отсутствием регулирования параметров импульсов, так и с достаточно совершенными механизмами. Применение механизма подачи, обеспечивающего импульсное движение электродной проволоки, позволяет при правильно выбранных параметрах реализовать управление переносом капель электродного металла, что, в свою очередь, позволяет (в основном):

- существенно снизить потери электродного металла на угар и разбрызгивание;
- изменять геометрические размеры сварного шва и наплавленного валика, а также околошовной зоны;