

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;

- влиять на структуру сварного шва, улучшая его эксплуатационные свойства.

Системы подачи электродной проволоки разрабатываются с применением достижений элементной базы, технических решений, базирующихся на них.

Последние разработки механизмов с импульсными алгоритмами функционирования основываются на применении безредукторных электроприводов вентильными и шаговыми электродвигателями и микропроцессорным управлением частотой вращения их валов, а, следовательно, и движением электродной проволоки.

Такие системы постоянно совершенствуются в разных направлениях и в разных системах автоматического сварочно-наплавочного оборудования. Одно из них развивается достаточно интенсивно в системе подачи электродной проволоки и связано с введением в регулятор электропривода обратных связей по параметрам дугового процесса – то току или по напряжению. Такое решение позволило реализовать новый вид дугового процесса – сварка – наплавка с дозированной подачей электродной проволоки.

Рассмотрим для примера несколько перспективных направлений совершенствования таких систем и сфер их применения.

Одновременное использование автоматического и механизированного электросварочного оборудования с несколькими системами импульсного воздействия, например импульсная подача электродной проволоки и импульсный алгоритм работы инверторного источника; импульсная подача и импульсная подача защитных газов; импульсная подача проволоки и модулированный режим работы систем оборудования, применение управляющих электромагнитных полей и др. Такие сочетания импульсных воздействий уже частично исследовались с выявлением очевидных положительных эффектов, но для дальнейшего применения требуют более детального анализа с выявлением наиболее действенных алгоритмов функционирования;

Применение импульсной подачи, в том числе и дозированной для сварки особых видов сталей, например, дуплексных нержавеющей сталей, которые имеют низкое содержание углерода и поэтому устойчивы к межкристаллитной коррозии. Эти и другие свойства, например, прочностные характеристики дуплексных сталей требуют особого подхода к их сварке с сохранением мелкозернистой структуры и необходимости сохранения в зоне сварки фазового состава аустенита и феррита близкого к составу свариваемого металла. Кроме этого, существуют рекомендации касающиеся ограничения тепловложений в сварочную ванну, при этом тепловложения Q отнесённые к скорости выполнения шва v должны составлять:

$$Q = k \frac{UI}{v} \leq 2,5 \text{ кДж / мм} \quad (1)$$

где U, I – напряжение и ток сварочного процесса,

k – коэффициент, учитывающий отличия величин от системы СИ.

Коэффициент k , с ограничениями по тепловложениям $Q \leq 2,5 \text{ кДж / мм}$, отмеченным в рекомендательной литературе по сварке дуплексных сталей, имеет размерность $k = 0,06$

С учётом указанного, выражение (1) примет вид:

$$Q = \frac{0,06 UI}{v} \leq 2,5 \text{ кДж / мм} \quad (2)$$

Исходя из (2) можно выбрать режим сварки, при котором равновесная структура дуплексных сталей сохраняется. Однако выбранные параметры U, I и v с соблюдением условия (2) более характерны для аргонодуговой сварки, производительность которой может быть недостаточной.

Применение механизированной сварки дуплексных сталей может быть эффективным при применении оборудования с управляемыми импульсными характеристиками

импульсов подачи электродной проволоки, в частности с использованием дозированной подачи, т.к. обеспечивают существенно меньшие затраты электроэнергии и, соответственно тепловложения Q .

Важно отметить, что снижение тепловложений в сварочную ванну уменьшает коробление свариваемого и или наплавляемого материала.

Исследование действия импульсной подачи на характеристики металла дуплексной стали в сравнение с результатами, полученными при сварке с плавной подачей электродной проволоки стали 12Х21Н5Т.

Пробные сравнительные процедуры сварки выполнялись в нижнем положении на режимах, формирующих одинаковые сечения швов и расход электродной проволоки даны в таблице 1.

Таблица 1. – Состав металла шва дуплексной стали, при различных способах подачи электродной проволоки

Зона сварного соединения	Способ подачи электродной проволоки			
	Плавная		Дозированная	
	Содержание фазовых составляющих, %			
	Феррит	Аустенит	Феррит	Аустенит
Основной металл	68,9	31,1	56,3	43,7
Середина шва	61,2	38,8	53,9	46,1
Корень шва	60,8	39,2	52,6	47,4

Применение систем импульсной подачи для существенного снижения энергетических затрат - отдельная задача при необходимости достижения максимального результата. Теоретические исследования в этом направлении, подтверждённые измерениями, показывают специально разработанным регистрационным устройством, что не только режимы сварки, частота и скважность импульсной импульсного движения, но форма генерируемых импульсов оказывает влияние на энергетические затраты. Разработаны математические модели, с применением операционного исчисления, позволяющие при изыскании наиболее значимого результата учитывать все составляющие процессов сварки и наплавки с импульсной подачей электродной проволоки.

Следует отметить, что снижение тепловложений при сварке-наплавке с импульсной подачей электродной проволоки хорошо коррелируется с результатами параллельных замеров расхода электроэнергии.

В настоящее время проводятся масштабные теоретические и практические исследования систем импульсной подачи с определением ранее не применяемых алгоритмов их работы, что определённо еще более повысит эффективность этого способа сварки и наплавки.

УДК 621.791

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

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

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СВАРКА НА ОСНОВЕ ДОЗИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ

Уже достаточно продолжительное время в механизированном и автоматическом сварочном оборудовании используются различные способы реализации импульсно-дуговых процессов, от достаточно простых с жёсткой программой генерирования импульсов до тех, которые дают возможность вести сварку с синергетическими алгоритмами, разнообразие которых достаточно велико и базируется на применении инверторных источников питания дуги. Это не единственный способ влияния на