

## РОЗДІЛ IV. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

УДК 621.791.75

**Е.В. Лаврова**, канд. техн. наук

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина

### РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАПЛАВКИ ПОД ФЛЮСОМ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА

**О.В. Лаврова**, канд. техн. наук

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

### РОЗРОБЛЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ПІД ФЛЮСОМ СТРІЧКОВИМ ЕЛЕКТРОДОМ З КЕРУЮЧИМ ПЕРЕНОСЕННЯМ ЕЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛУ

**Elena Lavrova**, PhD in Technical Sciences

State higher educational institution "Priazovskiy State Technical University", Mariupol, Ukraine

### DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL KINEMATIC SCHEME OF THE DEVICE FOR SUBMERGED ARC WELDING WITH STRIP ELECTRODE WITH CONTROLLED ELECTRODE METAL TRANSFER

*Разработана кинематическая схема и исследован процесс управляемого механического переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом, определена аналитическая зависимость между параметрами движения ленточного электрода как одного из способов управляемого принудительного воздействия на процесс переноса электродного металла.*

**Ключевые слова:** ленточный электрод, принудительный механический перенос электродного металла, инерционная сила, кинематическая модель устройства, электродуговая наплавка, угол изгиба.

*Розроблено кінематичну схему та досліджено процес керованого механічного перенесення электродного металу при наплавленні під флюсом стрічковим електродом, визначена аналітична залежність між параметрами руху стрічкового електрода як одного із способів керованого примусового впливу на процес переносу электродного металу.*

**Ключові слова:** стрічковий електрод, примусове механічне перенесення электродного металу, інерційна сила, кінематична модель пристрою, электродугове плавлення, кут вигину.

*Developed kinematical scheme and to investigate the process managed a mechanical transfer of electrode metal in surfacing submerged tape the electrode, the analytic relationship between the motion parameters strip electrode as a way to manage impact of forced-action on the transfer process of the electrode metal.*

**Key words:** strip electrode, forced mechanical transfer of electrode metal, the inertial force, the kinematics' model of the device, the electric arc overlaying, the angle of the bend.

**Постановка проблемы.** Анализ предлагаемых способов управляемого переноса показывает, что одной из причин образования дефектов в наплавленных изделиях является стохастичность процесса переноса электродного металла с торца ленточного электрода на наплавливаемую поверхность. Разработка надежных и простых способов, обеспечивающих управляемый процесс переноса капель с ленточного электрода до настоящего времени не имеют приемлемого решения.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Проблеме переноса капель электродного металла при электродуговой сварке и наплавке посвящено большое количество исследований [1–5].

Известен способ дуговой сварки и наплавки плавящимся электродом, осуществляющийся с помощью устройства, содержащего механизм импульсной подачи электродной проволоки со специальным редуктором на основе квазиволнового преобразователя и традиционного роликового узла [1]. Существенным фактором, влияющим на эффективность импульсной подачи в техническом и технологическом аспекте, является придание ускорения капли на торце электрода, формируемое механизмом импульсной подачи и системой подачи в целом.

Однако, несмотря на имеющиеся данные, полученные в ИЭС им. Е.О. Патона и другими исследователями, о преимуществах применения механизмов импульсной подачи

электродной проволоки, они не получили широкого распространения. Причиной этого является недостаточные для длительного периода эксплуатации надежность механизмов, невозможность получения для ряда механизмов импульсов с требуемыми для эффективного массопереноса характеристиками (шагом, частотой, ускорением).

Существующие механизмы импульсной подачи электродной проволоки [2; 3], с регулированием параметров импульсов, как и многие подобные, не применимы для наплавки под флюсом ленточным электродом с принудительным сбросом электродного металла.

Для наплавки под флюсом ленточным электродом важна не только импульсная подача, но и частота колебаний торца ленточного электрода, а также другие факторы, обеспечивающие принудительный сброс металла для равномерного распределения тепловой энергии в сварочной ванне.

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы.** Анализ дефектов наплавленных изделий показывает, что одной из причин их образования является стохастичность процесса переноса электродного металла с торца ленточного электрода на наплавляемую поверхность. Разработка надежных и простых способов, обеспечивающих управляемый процесс переноса капель с ленточного электрода, до настоящего времени не имеют приемлемого решения.

**Цель статьи.** Главная цель этой работы состоит в получении количественных характеристик разработанной кинематической схемы для регулируемого принудительного механического переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом.

**Изложение основного материала.** Для реализации принудительного переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом предложено устройство, позволяющее производить регулируемый изгиб ленточного электрода за счет наличия шарнира в приставке (рис. 1). Устройство содержит: вращающиеся подающие ролики 1; верхние 2 и нижние 3 направляющие; между направляющими установлен эксцентриковый возбудитель колебаний на валу 4, вращающийся с помощью двигателя; шарнир 5, с помощью которого регулируется угол изгиба; токоподвод 6; ленточный электрод 7 для наплавки изделия 8.

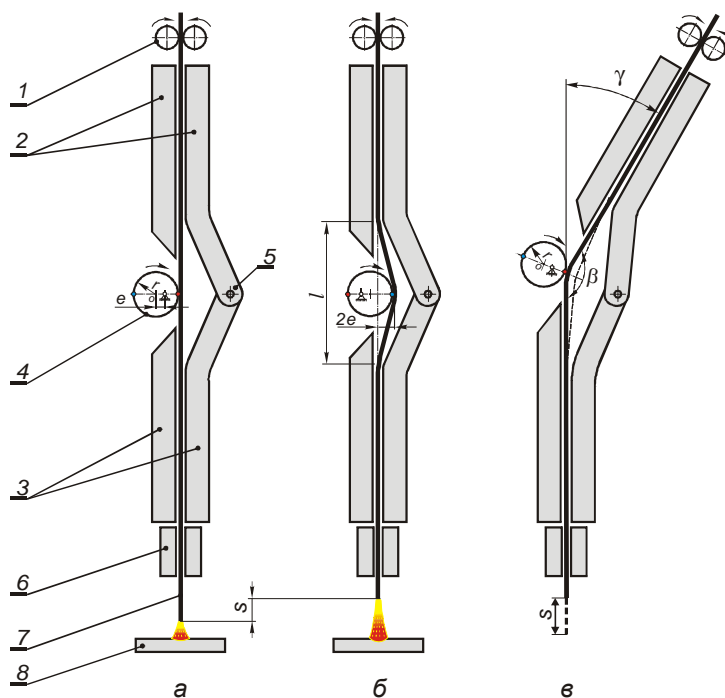


Рис. 1. Схема устройства для принудительного механического переноса электродного металла: а, б – без начального изгиба ленточного электрода; в – с предварительным изгибом на угол  $\beta$

Устройство функционирует следующим образом: приводятся во вращение подающие ролики 1, между которыми подается ленточный электрод 7. В процессе подачи электрода осуществляется его изгиб на угол  $\beta$  с помощью поворота верхних направляющих 2 в шарнире 5 на заданный угол  $\gamma$  ( $\beta = 180 - \gamma$ ). За счет изгиба ленточного электрода в зоне контакта с эксцентриком осуществляется изменение амплитуды колебаний торца ленты  $S$  при прочих неизменных параметрах устройства и стабильном положении нижних направляющих. Важно также отметить, что получаемые при этом колебания ограничиваются небольшим участком длины ленточного электрода.

Известно, что при дуговой сварке (наплавке) на каплю расплавленного металла действует система сил:  $\vec{F}_{ct}$  – сила тяжести, Н;  $\vec{F}_{ed}$  – электродинамическая сила, Н;  $\vec{F}_{pn}$  – сила поверхностного натяжения, Н;  $\vec{F}_r$  – сила реактивного давления паров газов, Н.

При воздействии механических колебаний на торец ленточного электрода появляется новая инерционная сила  $\vec{F}_{cu}(t)$ , Н, действующая на каплю электродного металла, которая при наплавке под флюсом ленточным электродом зависит от массы капли  $m_k$  и ускорения движения торца электрода, меняющегося в процессе наплавки.

$$\vec{F}_{cu}(t) = m_k \cdot \vec{a}(t). \quad (1)$$

Средняя скорость плавления ленточного электрода по всей ширине будет равна скорости подачи электрода. Тогда за одну секунду длина расплавленного участка ленты может быть определена по зависимости  $\Delta l = V_{ne} \cdot t$ , м, а масса расплавленного металла будет зависеть от поперечного сечением электрода  $A_e$  и плотности его материала  $\rho$ :  $m_e = \Delta l A_e \rho$ , кг.

Для получения стабильного процесса переноса расплавленного металла в сварочную ванну необходимо выбрать такие параметры колебательного процесса, чтобы при заданных режимах наплавки обеспечивался сброс капель электродного металла за каждый цикл колебания. Тогда масса сбрасываемой капли будет определяться в зависимости от выбранной кинематической схемы возбуждения колебаний конца ленты (рис. 1), размерных конструктивных параметров устройства и скорости вращения возбудителя колебаний:  $m_k = m_e / n_c$  ( $n_c$  – скорость вращения эксцентрика, об/с). Очевидно, что при анализе эффективности тех или иных параметров управления процессом массопереноса электродного материала рассматриваемого здесь устройства наибольший интерес вызывает получение максимального ускорения движения торца электрода и, следовательно, максимальной силы отрыва капли.

Проектируя равнодействующую всех сил, приложенных к капле, на вертикальную ось (при наплавке в нижнем положении), можно оценить её расчетное значение для двух вариантов наплавки: с учетом действия принудительного механического переноса ( $R_{yu}$ ) и без него ( $R_y$ ). Тогда эффективность какого-либо параметра управления процессом массопереноса электродного материала можно оценить коэффициентом увеличения силы отрыва за счет действия инерционной силы

$$K(t) = \frac{\vec{R}_{yu}(t)}{\vec{R}_y(t)} > 1. \quad (2)$$

Не рассматривая здесь множество вариантов сочетания различных параметров управления процессом массопереноса с помощью предложенного устройства, приведем результаты расчета максимальной величины коэффициента  $K$  в зависимости от трех основных параметров (рис. 2): угла поворота верхних направляющих  $\gamma$ , величины эксцентриситета  $e$  и скорости вращения эксцентрика  $n$ .

Расчеты проводились при следующих параметрах:  $a - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $e = 1,0$  мм;  $n = 500, 1000, 1500, 2500$  об/мин, графики 1, 2, 3, 4 соответственно;  $b - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $n = 1500$  об/мин,  $\gamma = 10, 20, 50^\circ$ , графики 1, 2, 3 соответственно;  $v - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $e = 1,0$  мм;  $\gamma = 10, 20, 30, 50^\circ$ , графики 1, 2, 3, 4 соответственно.

Как видно из графиков на рис. 2, посредством регулирования размерных конструктивных параметров предложенного устройства и скорости вращения возбуждателя колебаний, можно получить многократное увеличение силы отрыва капель расплавленного электрода по сравнению с обычными устройствами подачи ленты. За счет этого достигается контролируемая регулярность перехода капель жидкого металла в сварочную ванну, повышение качества наплавленного металла и уменьшение вероятности и появления дефектов типа несплавлений. На основании полученных расчетных результатов можно говорить о целесообразности применения разработанного устройства для наплавки под флюсом ленточным электродом с принудительными механическими колебаниями его торца.

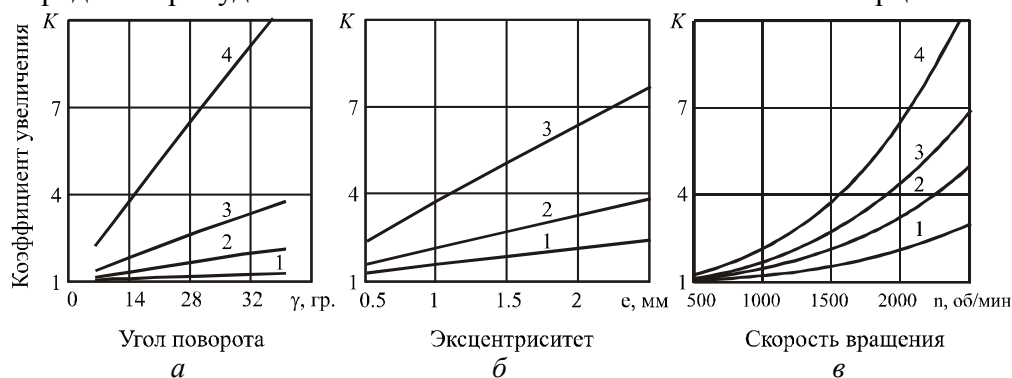


Рис. 2. Зависимость коэффициента увеличения силы отрыва капли от различных параметров:  $a - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $e = 1,0$  мм;  $n = 500, 1000, 1500, 2500$  об/мин, графики 1, 2, 3, 4 соответственно;  $b - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $n = 1500$  об/мин,  $\gamma = 10, 20, 50^\circ$ , графики 1, 2, 3 соответственно;  $v - l_1 = l_2 = 30$  мм;  $e = 1,0$  мм;  $\gamma = 10, 20, 30, 50^\circ$ , графики 1, 2, 3, 4 соответственно

Таким образом, доказано, что наиболее эффективное управление переносом электродного металла обеспечивает предлагаемая конструкция на основе универсальной схемы, позволяющая использовать в качестве управляющих параметров угол изгиба ленточного электрода  $120-140^\circ$ , размер эксцентриситета  $0,5-1,5$  мм и частоту вращения эксцентрика  $40-60$  Гц.

**Выводы.** На основе математического анализа импульсного переноса разработаны основные закономерности процесса плавления ленточного электрода при использовании механического принудительного переноса, проанализировано влияние параметров устройства подачи электрода на процесс формирования наплавленного слоя.

#### Список использованных источников

1. Патон Б. Е. Анализ технических и технологических возможностей импульсной подачи электродной проволоки в процессах дуговой сварки и наплавки / Б. Е. Патон, В. А. Лебедев // Сварочное производство. – 2002. – № 2. – С. 24–31.
2. Лебедев В. А. Механизмы импульсной подачи электродной проволоки с регулированием параметров импульсов / В. А. Лебедев, В. Г. Пичак // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 31–37.
3. Патент 24440 Україна. МПК В23К 9/12 Спосіб дугового зварювання електродом, що плавиться / Б. І. Носовський, М. Б. Носовський ; ПГТУ – № u 1997 97041923 ; заявл. 22.04.97 ; опубл. 30.10.98, Бюл. № 5.
4. Патент 44885 Україна. МПК В23К 9/12 Спосіб широкошарового наплавлення під флюсом стрічковим електродом / О. В. Лаврова, Б. І. Носовський ; ПГТУ – № u 2008 10823 ; заявл. 01.09.2008 ; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.
5. Носовский Б. И. Разработка методики выбора параметров наплавки ленточным электродом с принудительным механическим переносом жидкого металла / Б. И. Носовский, Е. В. Лаврова // Автоматическая сварка. – 2011. – № 3. – С. 30–33.