

УДК 621.791.92.042

Иванов В. П., Лаврова Е. В.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ДВУМЯ ЛЕНТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

При многоэлектродной наплавке тепло- и массоперенос в основной металл осуществляется с помощью нескольких источников, каждый из которых имеет независимые управляемые характеристики. В тоже время, условия плавления и теплопередачи для каждого из электродов различаются в зависимости от их расположения в общей сварочной ванне. В случае последовательного расположения двух электродных лент при электродуговой наплавке под флюсом второй электрод контактирует с жидкой прослойкой, образованной первым электродом, с одной стороны, и перегретым шлаком, образующимся в зазоре между электродами. Это влияет на распределение потоков жидкого металла в сварочной ванне, параметры зоны проплавления и формирование наплавленного валика [1]. Возможность изменения дополнительных технологических параметров при наплавке двумя ленточными электродами позволяет более гибко управлять формообразованием сварочной ванны и влиять на служебные характеристики наплавленного слоя, снижая вероятность появления таких дефектов, как шлаковые включения, подрезы по краям валика, неравномерности линии сплавления и т.п.

Использование управляемого механического переноса электродного металла, обеспечивающего принудительный отрыв и перенос капель в сварочную ванну, позволяет повысить эффективность плавления электродного металла и уменьшить энергоемкость процесса механизированной дуговой наплавки как одним [2], так и двумя ленточными электродами [3].

Целью работы является совершенствование оборудования и технологии наплавки с управляемым механическим переносом при использовании двух ленточных электродов, а также исследование способов повышения эффективности процесса плавления электродного металла и качества наплавленного металла.

Существенным недостатком известных конструкций для наплавки ленточным электродом с использованием управляемого механического переноса является ограниченная возможность регулирования параметров, а именно, амплитуды колебаний, поскольку увеличение эксцентриситета приводит к превышению величины изгибающей силы над силой упругости ленточных электродов [3]. Это может привести к деформированию и заминанию ленточных электродов и прекращению процесса наплавки. Также существует большая вероятность появления дефектов в наплавленном слое (шлаковых включений, кратероподобных дефектов), вследствие нестабильной подачи ленточных электродов.

Таким образом, при совершенствовании кинематической схемы устройства для наплавки ленточными электродами необходимо учесть ограничения прогибов ленточного электрода при действии кулачкового механизма для обеспечения управляемого переноса. Величина прогиба ленточного электрода  $f_r(t)$  не должна превышать допустимые  $f_{dop}$ :

$$f_r(t) \leq f_{dop}.$$

В соответствии с поставленной целью разработано устройство для наплавки двумя ленточными электродами (рис. 1), содержащее вращающиеся подающие ролики (1), направляющие (2) для ленточных электродов (6); токоподвод (5); а также эксцентрик (3), расположенный между направляющими и прижимные ролики (4), установленные с возможностью взаимодействия с эксцентриком в диаметрально противоположных точках.

В предлагаемом устройстве колебания ленточных электродов осуществляются симметрично относительно вертикального положения, обеспечивая их прогиб в интервале упругости применяемых лент.

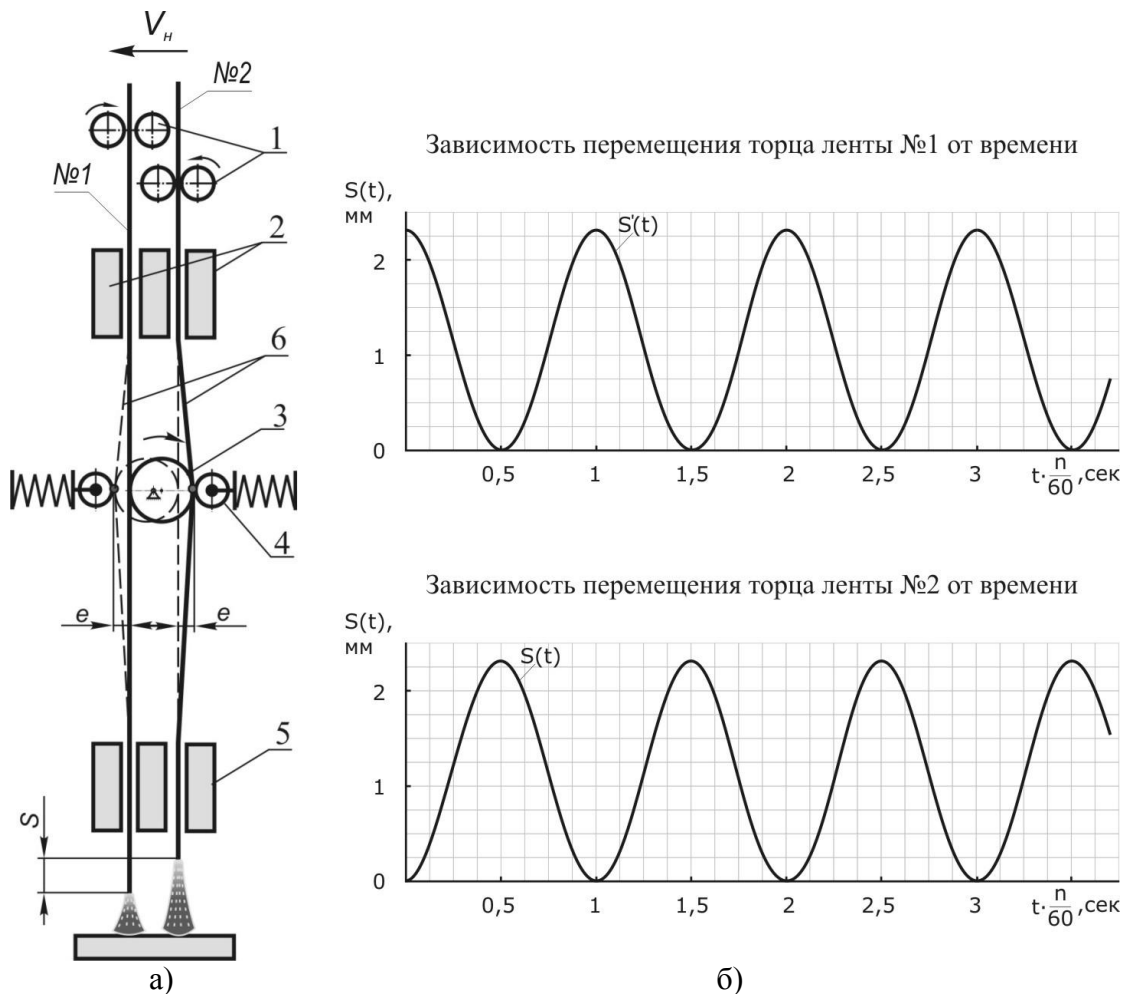


Рис. 1. Кинематическая схема устройства для наплавки двумя ленточными электродами с управляемым механическим переносом (а) и зависимости перемещения торцов лент от времени (б)

На рис. 2 представлен график зависимости изменения прогиба ленточных электродов, из которого следует, что максимальное значение  $f_r(t) = 2,98$  мм при  $f_{dop} = 3,84$  мм, и предложенная конструкция удовлетворяет условию выполнения ограничений, предъявляемым по упругости ленточных электродов.

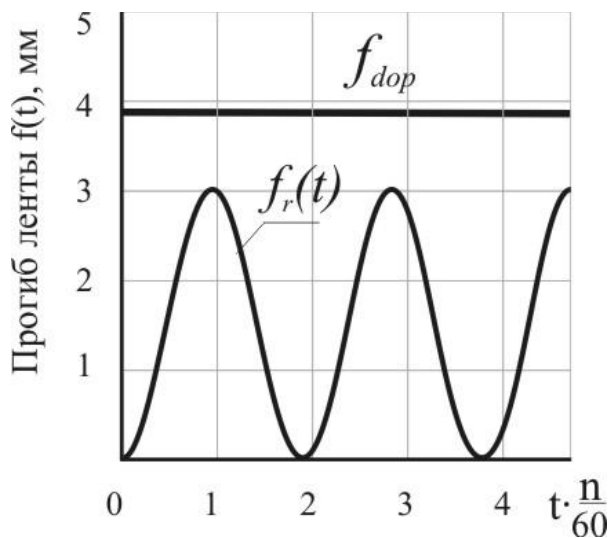


Рис. 2. Условия выполнения ограничений прогиба ленты

Проведены исследования влияния параметров управляемого механического переноса на технологические показатели процесса наплавки: производительность  $G_n$ ; коэффициент расплавления  $\alpha_p$  и долю участия  $\gamma$  основного металла в наплавленном. Наплавку осуществляли на пластины из малоуглеродистой стали (400×250×35 мм) на стальной подложке под флюсом АН-60 лентами 30ХГСА сечением 0,8х35 и 1,0х40 (мм). Параметры режима наплавки приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Диапазоны изменения параметров режима наплавки

№	Сечение ленточного электрода, мм	Параметры режима наплавки:				
		Ток наплавки $I_n$ , А	Соотношение скоростей подачи $V_1/V_2$	Вылет $h$ , мм	Зазор между электродами $d$ , мм	Напряжение на дуге $U_d$ , В
1	0,8х35	750–1200	0,5–1,5	40–80	8–16	24–36
2	1,0х40	800–1350	0,5–1,5	40–80	8–18	26–38

На рис. 3 представлены зависимости влияния параметров режима: силы тока, напряжения, частоты колебаний торца ленточных электродов на производительность наплавки и долю участия основного металла. Установлено, что использование управляемого переноса повышает производительность процесса наплавки, причем в диапазоне 30–50 Гц наблюдается пропорциональная зависимость  $G_n$  от частоты колебаний. В то же время зависимость доли участия основного металла в наплавленном от частоты колебаний имеет обратную тенденцию. Это связано с уменьшением теплосодержания капель расплавленного электродного металла, попадающих в сварочную ванну и стабилизации зоны проплавления по ширине ванны [4]. Результаты экспериментов также показывают, что повышение напряжения на дуге приводит к увеличению показателя  $\gamma$ , как в случае использования управляемого переноса, так и без него.

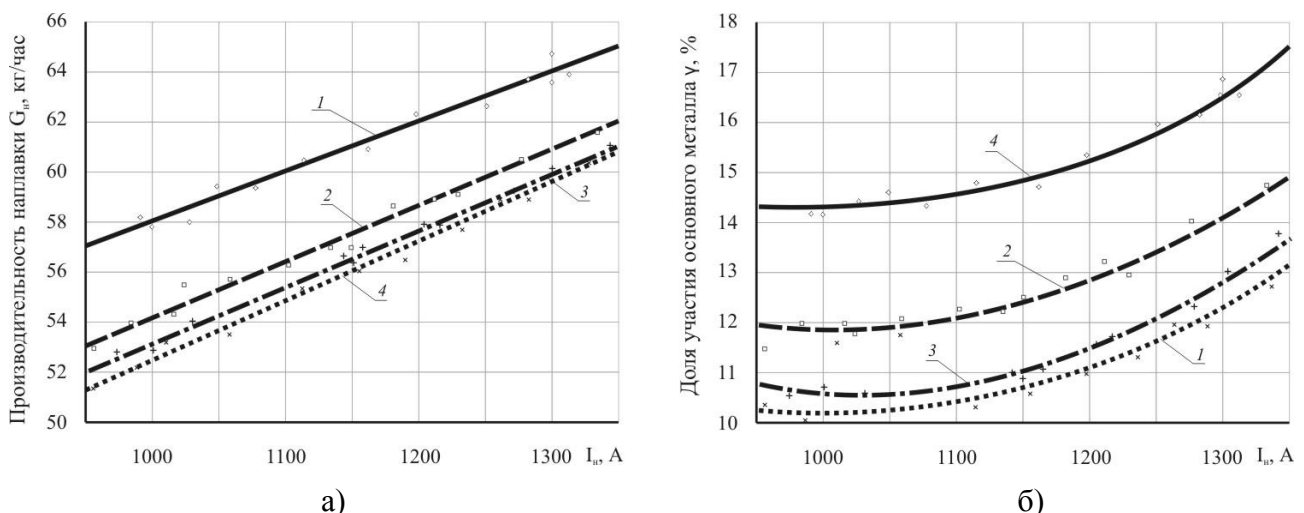


Рис. 3. Экспериментальные данные, характеризующие влияние параметров режима наплавки с управляемым механическим переносом на производительность наплавки (а) и долю участия основного металла (б):

1, 2 – с применением принудительных колебаний (36 В; 60 Гц и 30 Гц, соответственно); 3, 4 – наплавка без управляемого переноса электродного металла (34 В и 28 В, соответственно); 1, 3 – сечение лент 1,0х40 мм; 2, 4–0,8х35 мм

Зависимости изменения величины коэффициента расплавления при наплавке двумя электродными лентами с принудительным переносом электродного металла представлены на рис. 4. При изменении напряжения дуги от 24 В до 30 В, коэффициент расплавления возрастает в диапазоне с 18,0 до 23,0 г/А·ч, при этом в случае использования принудительных колебаний с частотой 60 Гц он на 15–20% выше, чем при наплавке без принудительных колебаний с теми же параметрами режима.

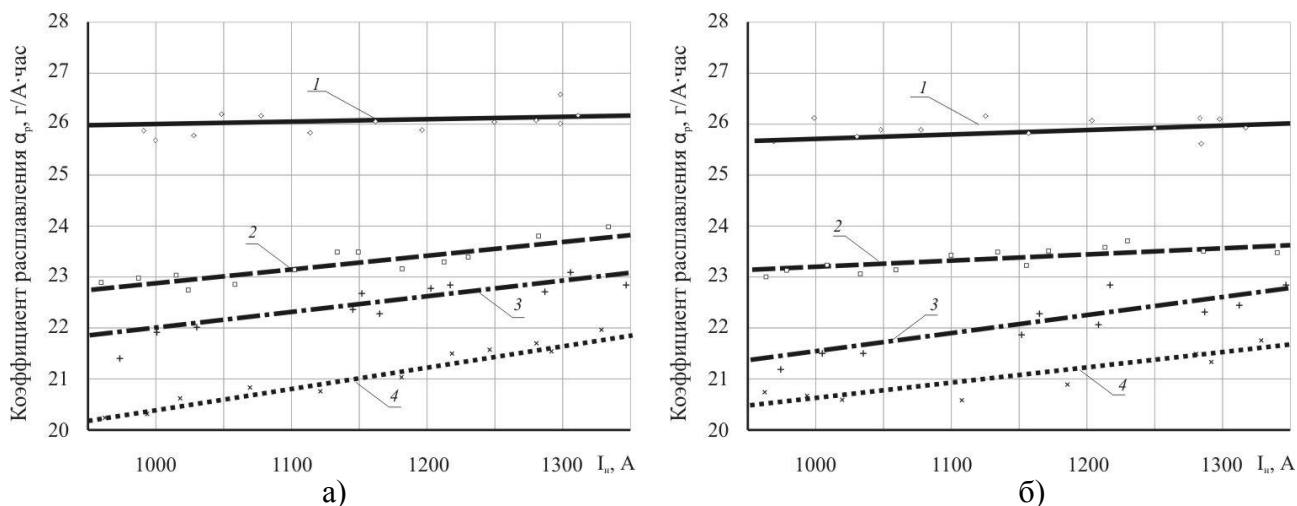


Рис. 4. Экспериментальные данные, характеризующие влияние тока, напряжения, колебаний торца ленточного электрода сечением 0,8x35 мм (а) и 1,0x40 мм (б) на величину коэффициента расплавления:

1 – с применением принудительных колебаний (36 В; 60 Гц); 2, 3, 4 – наплавка без управляемого переноса электродного металла (36 В, 32 В и 28 В, соответственно)

Таким образом, при использовании предлагаемого устройства повышается эффективность расплавления электродного металла ( $\alpha_p = 25\text{--}26$  г/А·ч), обеспечивается равномерность наплавки по всей ширине ленточного электрода, повышается качество наплавленных деталей и снижается вероятность появления дефектов.

## ВЫВОДЫ

1. Разработано устройство для наплавки двумя ленточными электродами с учетом ограничения прогибов ленточного электрода при действии кулачкового механизма для обеспечения управляемого переноса.
2. Разработана технология наплавки двумя ленточными электродами с использованием управляемого переноса электродного металла, обеспечивающая повышение эффективности процесса наплавки, стабильности подачи лент в зону наплавки и снижение вероятности появления кратероподобных дефектов наплавленного валика.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврик В. П. Повышение качества формирования валика и переходной зоны при наплавке электродными лентами / В. П. Лаврик, Л. К. Лецинский // Новые процессы наплавки, свойства наплавленного металла и переходной зоны. – Киев: ИЭС Патона, 1984. – С. 14–20.
2. Ivanov V.P. Improving the Efficiency of Strip Cladding by the Control of Electrode Metal Transfer / V.P. Ivanov, E.V. Lavrova // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 682. – P. 266–269.
3. Иванов В. П. Исследование процесса управляемого механического переноса при наплавке двумя ленточными электродами / В. П. Иванов, Е. В. Лаврова, Ю. А. Степнова // Научный Вестник ДГМА. – 2015. – № 3 (18Е). – С. 117–121.
4. Лаврова Е. В. Математическая модель управляемого переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом / Е. В. Лаврова, В. П. Иванов, Б. И. Носовский // Вестник ПГТУ. Серия: Технические науки: сб. научн. тр. – 2011. – № 2(23). – С. 166–169.