

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЯЕМОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА ПРИ НАПЛАВКЕ ДВУМЯ ЛЕНТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ**Иванов В. П., Лаврова Е. В., Степнова Ю. А.**

Исследован процесс управляемого механического переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточными электродами, определена аналитическая зависимость между параметрами движения ленточных электродов как одного из способов управляемого принудительного воздействия на процесс переноса электродного металла. Предлагаемое устройство обеспечивает попеременное возвратно-поступательное движение торцов ленточных электродов с оптимальными частотой и амплитудой. При наложении принудительных механических колебаний происходит равномерное оплавление торцов ленточных электродов за счет обеспечения равномерного распределения тепловой энергии по ширине лент и контролируемый сброс капель жидкого металла. Использование данной технологии позволяет повысить качество наплавленного слоя и снизить удельный расход электрической энергии на погонный метр наплавленного валика.

Досліджено процес керованого механічного перенесення електродного металу при наплавленні під флюсом стрічковими електродами, визначена аналітична залежність між параметрами руху стрічкових електродів як одного зі способів керованого примусового впливу на процес перенесення електродного металу. Пропонований пристрій забезпечує почерговий зворотньо-поступальний рух торців стрічкових електродів з оптимальними частотою і амплітудою. При накладенні примусових механічних коливань відбувається рівномірне оплавлення торців стрічкових електродів за рахунок забезпечення рівномірного розподілу теплової енергії по ширині стрічок і контрольований скид крапель рідкого металу. Використання даної технології дозволяє підвищити якість наплавленого шару і знизити питому витрату електричної енергії на погонний метр наплавленого валика.

The process of controlled mechanical transfer of electrode metal during surfacing under flux strip electrodes, defined analytical parameters of the relationship between the movement strip electrodes as one of the ways to manage the forcing of the process of transfer of electrode metal. The apparatus provides alternate reciprocating ends of strip electrodes with optimum frequency and amplitude. Upon application of forced mechanical vibrations is uniformly melting ends strip electrodes by providing a uniform distribution of heat across the width of tape and controlled discharge of liquid metal droplets. The use of this technology to enhance the quality of the deposited layer and to reduce the specific consumption of electric energy per meter of weld bead.

Иванов В. П.

канд. техн. наук,
доц. каф. ОиТСП ГВУЗ «ЛГТУ»

Лаврова Е. В.

канд. техн. наук,
доц. каф. ОиТСП ГВУЗ «ЛГТУ»

Степнова Ю. А.

аспирант каф. ОиТСП ГВУЗ «ЛГТУ»

ГВУЗ «ЛГТУ» – Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь.

УДК 621.791.75

Иванов В. П., Лаврова Е. В., Степнова Ю. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЯЕМОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА ПРИ НАПЛАВКЕ ДВУМЯ ЛЕНТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Анализ условий эксплуатации многих наплавленных изделий подтвердил необходимость исследования и разработки технологии наплавки экономнолегированными материалами слоев с композитной структурой, способной тормозить разрушение при статическом, усталостном и ударном нагружении. Для торможения разрушения необходимо получить в наплавленном слое прочную и упругую матрицу, в которой расположены вязкие, пластичные включения (прослойки), служащие макроскопическими барьерами на пути движения трещины. Учитывая особенности процесса наплавки двумя лентами, можно предположить, что наиболее перспективна для этих целей технология наплавки такого гетерогенного слоя двумя ленточными электродами.

В случае использования двух и более электродов условия плавления электродного металла и его переноса в сварочную ванну отличны от способа наплавки одним электродом, особенно при различных значениях скорости подачи лент. Влияние этих параметров на перенос электродного металла в сварочную ванну до сих пор не изучено.

Целью настоящей работы является исследование кинематических параметров процесса механического управляемого переноса при электродуговой наплавке двумя ленточными электродами.

При наплавке двумя лентами особенности процесса на первом и втором электродах вызывают отличия в характере плавления и переноса капель и влияют на температурную обстановку в ванне. Наименее перегрета (из-за поступления нерасплавленного флюса) реакционная зона, создаваемая первым электродом, условия расплавления которого аналогичны процессу наплавки одной лентой. Металл первого электрода переносится более крупными по сравнению со вторым электродом каплями (рис. 1), поступающими в «холодную» часть ванны. В отличие от этого, второй электрод расположен в зоне активного тепловыделения, контактирует с перегретым в зазоре между лентами шлаком, скорость его расплавления выше, а образующиеся капли поступают в высокотемпературную часть ванны, где наиболее интенсивны потоки металла. Если химические составы и теплофизические свойства электродов различны, размеры, количество, степень перегрева, а также условия растворения в ванне капель металла первого и второго электродов будут отличаться в еще большей мере.



Рис. 1. Схема плавления первого и второго электродов и переноса капель при одинаковой токовой нагрузке ($N = 0,50$) (а) и ее возрастания на втором электроде ($N = 0,65$) (б)

Действительно, расположив более тугоплавкий электрод первым, можно ожидать крупнокапельный перенос и минимальную величину перегрева выше $T_{пл}$. Кроме того, можно регулировать химический состав наплавленного металла, за счет изменения токовой нагруз-

ки N ($N=V_{п1}/V_{п2}$). Так, на рис. 1, б показана схема плавления с увеличенной скоростью подачи второго электрода ($N=0,65$).

Поступление капель в «холодную» часть ванны, особенно на краях, где мала интенсивность потоков металла, должно затруднить их растворение и усреднение состава ванны. Логично предположить, что используя эту особенность процесса наплавки двумя лентами, можно управлять химической неоднородностью металла шва.

При изучении на модели процесса наплавки двумя ленточными электродами, содержание легирующих элементов в которых различно, в режиме, характеризуемом, как смешанный (более 50–65 % доля электрошлакового процесса), установлена возможность управления макронеоднородностью наплавленного металла. Количество образующихся металлических включений, их размеры и расположение в шве зависят от состава и теплофизических свойств металла применяемых лент, параметров режима наплавки, определяющих условия расплавления электродов и поступления капель в сварочную ванну, температурный режим и гидродинамику ванны.

Дополнительные возможности управления составом ванны при наплавке двумя и более ленточными электродами могут быть получены при использовании управляемого механического переноса. Однако, до настоящего времени, данный вопрос не исследовался.

Механический принудительного перенос электродного металла позволяет не только управлять качеством и геометрическими параметрами сварных швов, но и существенно снизить энергозатраты на тепловложение в сварочную ванну [1]. Исследование возможностей такого способа для наплавки ленточным электродом [2] показало перспективность этого метода при электродуговой наплавке.

Для решения поставленной цели разработано устройство для наплавки двумя ленточными электродами, позволяющее увеличить диапазон регулирования параметров импульсного механического переноса и предотвратить деформирование ленточных электродов (рис. 2).

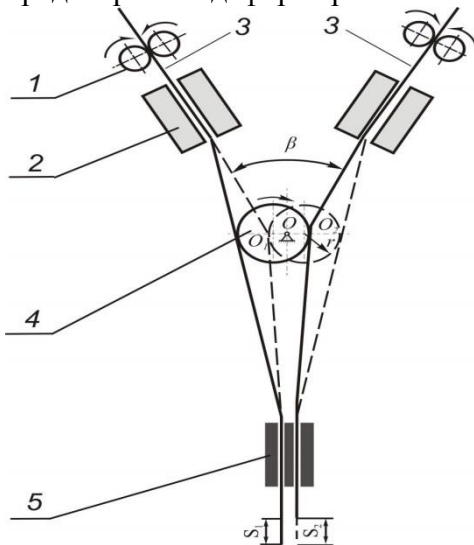


Рис. 2. Устройство для наплавки двумя ленточными электродами:

1 – подающие ролики; 2 – направляющие; 3 – ленточные электроды; 4 – эксцентрик; 5 – токоподвод

Применение устройства осуществляется следующим образом: при наплавке ленточные электроды (3) подаются в сварочную ванну со скоростями V и V' , соответственно. Вращение эксцентрика (4) обеспечивает наложение вертикальных колебаний торцов электродов на их подачу, за счет чего осуществляется контролируемый сброс капель с торцов ленточных электродов. При этом амплитуда колебаний торцов ленточных электродов изменяется в зависимости от величины эксцентриситета и расстояния между ленточными электродами.

При расчете параметров кинематической схемы устройства (рис. 3) учитывалось условие ограничения прогибов ленточных электродов при вращении эксцентрика для предотвращения деформирования лент.

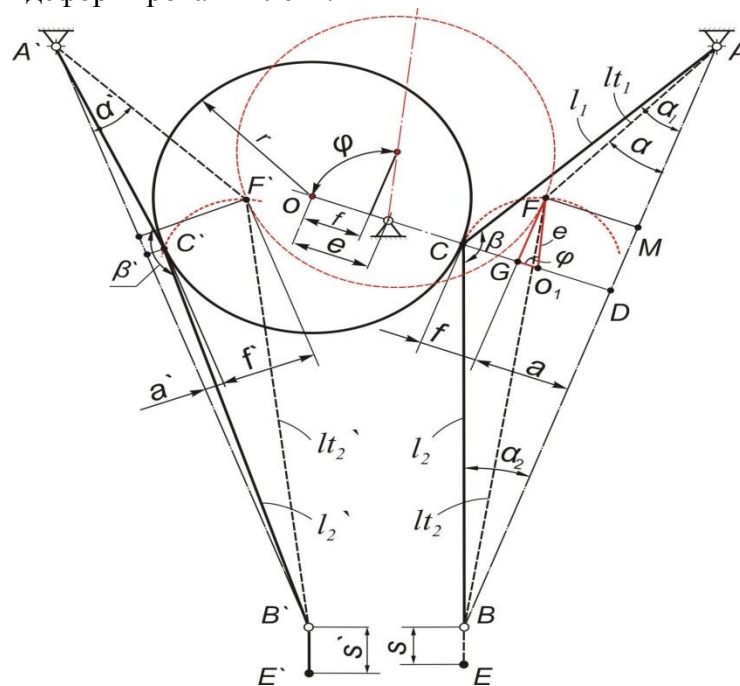


Рис. 3. Кинематическая схема устройства для наплавки двумя ленточными электродами

В соответствии с кинематической схемой зависимость перемещения торцов ленточных электродов от времени определяется следующим уравнением:

$$S(t) := 1 - \sqrt{\left[l_1 \cdot \cos(\alpha_1) - e \cdot \sin(\omega \cdot t)\right]^2 + \left[a_1 - e \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t))\right]^2} - \sqrt{\left(\sqrt{l_2^2 - a_1^2} + e \cdot \sin(\omega \cdot t)\right)^2 + \left[a_1 - e \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t))\right]^2} \quad (1)$$

Зависимость $S(t)$ описывается таким же уравнением, но начальный момент времени сдвинут на половину периода (рис. 4). В случае несимметричного расположения ленточных электродов относительно эксцентрика графики перемещения будут различаться и по амплитуде.

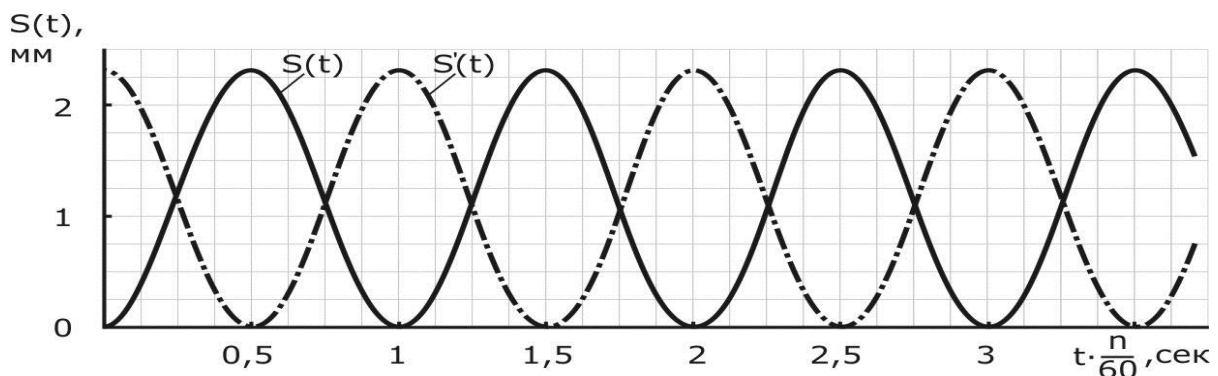


Рис. 4. Зависимость перемещения торцов ленточных электродов

Предлагаемое устройство обеспечивает попеременное возвратно-поступательное движение торцов ленточных электродов с оптимальными частотой и амплитудой. Поскольку возвратно-поступательное движение торцов накладывается на равномерное движение подачи электродов в ванну, это позволяет сохранить технологические параметры процесса наплавки

и размеры наплавленного валика при возможности уменьшения расхода электродного металла на потери и перегрев, а также, соответственно, расходуемой энергии на плавление.

При использовании наложенных колебаний повышается производительность наплавки за счет снижения температуры капель, попадающих в сварочную ванну с торцов и перераспределения температур в объеме сварочной ванны, что приводит к повышению эффективности расплавления ленточных электродов.

Это объясняется тем, что в процессе плавления электродного металла при наложении принудительных механических колебаний происходит равномерное оплавление торцов ленточных электродов за счет обеспечения равномерного распределения тепловой энергии по ширине лент и контролируемый сброс капель жидкого металла. Использование данной технологии позволяет повысить качество наплавленного слоя и снизить удельный расход электрической энергии на погонный метр наплавленного валика.

ВЫВОДЫ

1. Разработано устройство для наплавки двумя ленточными электродами с управляемым переносом электродного металла.
2. Целесообразно в дальнейшем выполнение исследований по оптимизации конструкций для наплавки ленточными электродами с использованием управляемого переноса электродного металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 44885, МПК (2009) В23К 9/12. Спосіб широкошарового наплавлення під флюсом стрічковим електродом / О.В. Лаврова, Б.І. Носовський (Україна). – № 200810823; Заявл. 01.09.08; Опубл. 26.10.09, Бюл. № 20. – 4 с.
2. А.с. СССР №1099490, В23К, 9/04. Способ наплавки двумя ленточными электродами./ Л. К. Лецинский, В. П. Лаврик, В. Н. Матвиенко. – 4 с.
3. Наплавка деталей металлургического оборудования двумя ленточными электродами / В. П. Лаврик, Л. К. Лецинский, В. Н. Бурдюгов, В. И. Верник // Металлург.– 1990. – №1. – С. 33
4. 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.
5. Пат. №101288 Україна, МПК (2013) В23К 9/12. Пристрій для наплавлення стрічковим електродом під флюсом / О.М. Серенко, О.В. Лаврова, В.П. Иванов, В.О. Серенко (Україна). – № 201205838; Заявл. 14.05.12; Опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5. – 4 с.
6. Лебедев В. А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла. (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2010. – №10. – С. 45–52.
7. Лебедев В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи проволоки и ее плавления при сварке с короткими замыканиями / В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – №4. – С. 19–22.
8. 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.
9. Лаврова Е. В. Математическая модель управляемого переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом / Е. В. Лаврова, В. П. Иванов, Б. И. Носовский // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», 2011. – №2(23). – С. 166–169.
10. Управление переносом металла при сварке с короткими замыканиями / И. С. Пинчук, В. Ф. Постаушкин, Г.Д. Куликов и др. // Вопросы сварочного производства. Челябинск: ЧПИ. 1975. – Вып. 168. – С. 116–123.

Статья поступила в редакцию 10.11.2015 г.