

МЕХАНИЗМЫ ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСОВ

В. А. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук, **В. Г. ПИЧАК**, **В. Б. СМОЛЯРКО**, инженеры
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрены особенности создания механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе квазивиолновых преобразователей. Показано, что достигаемое в импульсе максимальное значение ускорения может быть существенно повышено путем каскадного включения нескольких модуляторов или изменения частоты модулирующих импульсов. Определены условия, при которых конструкции механизмов будут оптимальны с точки зрения как их изготовления, так и регулирования выходных параметров. Сформулированы основные принципы конструирования новых типов механизмов импульсной подачи, учитывающие особенности их установки в дуговое механизированное оборудование.

Ключевые слова: дуговая механизированная сварка, наплавка, перенос металла, импульсное управление, разбрызгивание, формирование шва, механизм подачи, импульс движения, параметры импульсов, преобразование движения, конструкция

Дуговые механизированные процессы сварки и наплавки плавящимся электродом, осуществляемые в защитных газах с использованием самозащитных порошковых электродных проволок, по-прежнему остаются основными в сварочном производстве, а также при восстановлении и упрочнении узлов и деталей. В связи с этим их совершенствование является актуальной проблемой, подходы к решению которой могут быть разнообразны и основываться на использовании новых материалов, защитных сред, а также новых способов управления переносом электродного металла.

Управление переносом электродного металла является одним из самых эффективных способов совершенствования дуговых механизированных процессов, который может быть реализован при использовании импульсного воздействия источника питания дуги и импульсной подачи электродной проволоки. Следует отметить, что применение управляемой импульсной подачи электродной проволоки, осуществляемое при помощи специальных механизмов, технически проще, чем с использованием импульсного источника питания дуги. Это позволяет значительно снизить показатели разбрызгивания электродного металла, расширить диапазоны толщин свариваемого или наплавляемого металла, а также влиять на формирование сварного шва, качество его металла и металла околошовной зоны. Основной задачей, которую необходимо решать при этом, является выбор механизма рациональной конструкции и с определенными техническими и технологическими возможностями. Одним из наиболее совершенных механизмов этого типа является механизм с преобразованием вращательного движения вала приводного электродвигателя в импульсное вращение подающих роликов (механизм с квазивиолновым преобразователем —

КВП). Этот механизм, в отличие от ранее описанных [1], в том числе и с односторонними захватами, имеет достаточный ресурс работы, а также специфические особенности по формированию импульсов определенных параметров, обеспечивающих ускорение движения электродной проволоки в импульсе для принудительного переноса капель электродного металла в ванну. Однако рассмотренные ранее конструкции механизмов импульсной подачи электродной проволоки этого типа имеют некоторые ограничения относительно формирования импульсов заданных параметров, связанные с используемыми в данных механизмах техническими решениями. В последнее время разработан, изготовлен и испытан ряд модификаций механизмов импульсной подачи с КВП, позволяющих существенно расширить их технические и технологические возможности для использования в дуговом механизированном оборудовании.

Целью настоящей работы является рассмотрение новых модификаций механизмов импульсной подачи на основе КВП с регулированием параметров импульсов для дальнейшего совершенствования дуговых механизированных процессов сварки и наплавки путем обеспечения принудительного переноса электродного металла без дополнительных технологических затрат.

В работе [2] описана конструкция механизма импульсной подачи электродной проволоки с применением КВП, где скорость импульсного вращения подающего ролика ω_p определена в виде

$$\omega_p = \left[-\frac{e}{R} \pm \frac{e}{b} \frac{\cos(\varphi_1 - \alpha)}{\cos \alpha} \right] \omega_1, \quad (1)$$

где e — эксцентриситет; R — радиус центральной шестерни; b — длина опорного рычага; α — угол наклона опорной плоскости; φ_1 — текущее значение угла поворота эксцентрика; ω_1 — частота вращения вала приводного электродвигателя.

Интегрируя выражение (1), при известном значении диаметра подающего ролика D_p можно получить значение ускорения движения электродной проволоки в импульсе подачи a_2 в виде

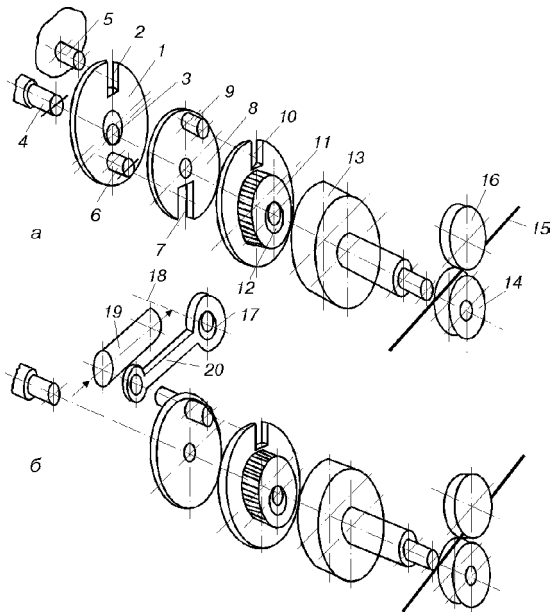


Рис. 1. Механизм импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП с двумя модуляторами, имеющими одинаковые (а) и разные (б) частоты вращения

$$a_3 = \frac{D}{2} \left[\frac{e \sin(\varphi_1 - \alpha)}{b \cos \alpha} \right] \omega_1^2 \quad (2)$$

Из анализа выражений (1) и (2) следует, что регулирование формы импульса подачи может быть осуществлено путем изменения значений b и α при заранее конструктивно выбранных параметрах механизма e , R . Частота импульсов подачи у рассматриваемого механизма зависит от параметра ω_1 , а ее максимальный уровень определяется паспортным номинальным значением частоты вращения вала приводного электродвигателя.

Опыт практического конструирования и использования механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП показывает, что существуют определенные граничные условия выбора параметров конструктивных элементов, а также условия, при которых данный механизм еще можно рассматривать как достаточно простой в изготовлении и регулировании параметров импульсного вращения подающего ролика.

Рассмотрим эти условия. Прежде всего отметим, что эксцентриситет e и радиус центральной шестерни R практически не могут быть выполнены регулируемыми. Они задаются из соображений обеспечения необходимых значений интегральной скорости подачи электродной проволоки, поскольку соотношение e/R определяет передаточное отношение механизма в целом. Кроме того, эксцентриситет стремятся сделать минимально возможным, что определяется условиями обеспечения минимальных вибраций механизма, зависящих как от значения e , так и от массогабаритных характеристик сателлита.

Длину b рычага можно конструктивно сделать регулируемой, так как не требуется осуществлять это регулирование в процессе работы. Подстройка длины b может быть произведена после первых пробных попыток сварки на требуемых режимах при определенном шланговом держателе.

Техническую проблему представляет создание регулятора угла наклона α опорной плоскости. После ряда попыток разработать такой регулятор с приемлемым диапазоном регулирования мы пришли к выводу, что наиболее рациональным решением конструкции регулятора является выбор определенного фиксированного значения угла наклона α , которое по условиям функционирования рассматриваемого механизма не может превышать 45° . Указанными регулировками исчерпываются возможности упомянутых механизмов на основе КВП. В ряде случаев, например сварка в CO_2 длинной дугой, сварка в потолочном положении, использование длинных гибких направляющих каналов (2...3 м), этих регулировок может быть недостаточно для обеспечения ускорений капли электродного металла заданной массы (размера) для ее принудительного переноса в ванну.

Поэтому были выполнены поиск и разработка нескольких новых вариантов механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП.

Кинематическая схема нового варианта механизма импульсной подачи электродной проволоки с КВП и расширенными возможностями по регулированию параметров указанных импульсов представлена на рис. 1, а. Рассмотрим вариант конструкции механизма. Первая шайба 1 с прорезью 2 установлена на первом эксцентрике 3. При вращении вала электродвигателя 4 прорезь 2 шайбы 1 взаимодействует с пальцем 5, который жестко связан с корпусом механизма. Шайба 1 дополнительно содержит палец 6, взаимодействующий с прорезью 7, выполненной на дополнительной шайбе 8, установленной на валу электродвигателя 4 с возможностью поворота относительно этой оси. На дополнительной шайбе 8 имеется еще один палец 9, взаимодействующий с прорезью 10, выполненной на центральной (внутренней) шестерне 11, которая установлена на эксцентрике 12 и передает момент вращения на наружную шестерню 13. Последняя жестко связана с подающим роликом 14. Электродная проволока обозначена цифрой 15, прижимной ролик — цифрой 16.

Данный механизм работает следующим образом. При вращении вала электродвигателя 4 первый эксцентрик 3 также начинает поворачиваться, а первая шайба 1, установленная на подшипнике указанного эксцентрика и связанная с корпусом механизма при помощи пальца 5 и прорези 2, получает некоторое угловое перемещение, размер которого обуславливается эксцентриситетом эксцентрика 3 и радиальным расстоянием пальца 5 относительно траектории, описываемой эксцентриком 3 при его вращении. Это угловое перемещение через палец 6, установленный на шайбе 1, передается дополнительной шайбе 8 путем взаимодействия указанного пальца с прорезью 7. Шайба 8 проворачивается на безэксцентриковой части оси электродвигателя. Палец 9 дополнительной шайбы 8 входит в прорезь внутренней шестерни 11 и также заставляет эту внутреннюю шестерню поворачиваться на определенный угол. Учитывая, что внутренняя шестерня размещена на подшипнике, установленном на эксцентрике вала приводного электродвигателя,

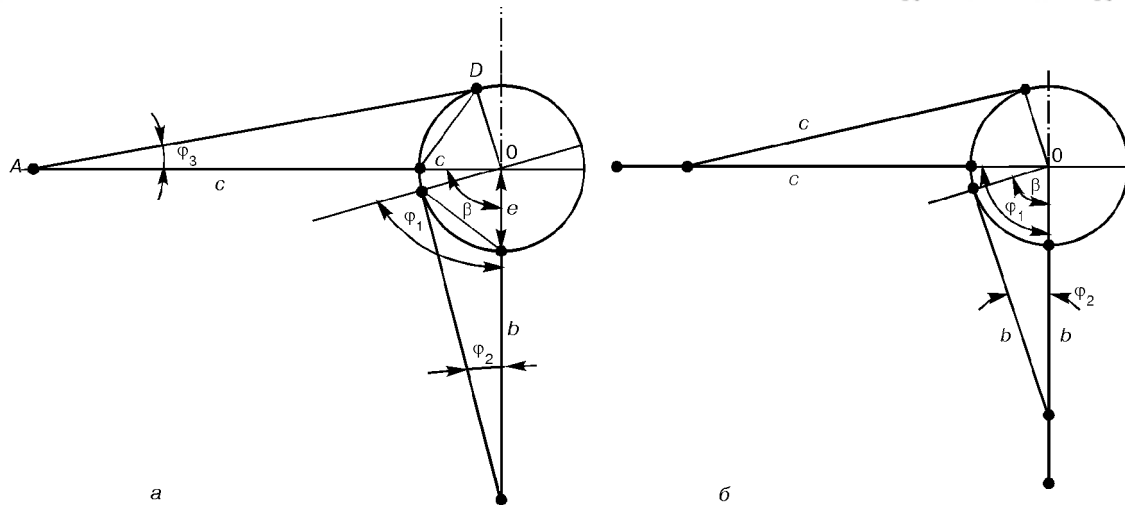


Рис. 2. Расчетная кинематическая схема двухмодуляторного механизма импульсной подачи: а — с подвижными пальцами; б — с подвижными прорезями

результатирующий угол поворота внутренней шестерни зависит как от параметров эксцентрика первой шайбы и рычага (радиальное расстояние пальца 5 относительно траектории эксцентрика), так и от эксцентрика внутренней шестерни и ее рычага (радиальное расстояние пальца 9 относительно траектории эксцентрика). Совокупный угол поворота внутренней шестерни передает через зубчатое зацепление вращающий момент на наружную шестерню, которая напрямую связана с подающим роликом 14. Электродная проволока получает периодическое импульсное перемещение с частотой, зависящей от частоты вращения вала приводного электродвигателя, и с шагом, определяемым передаточным отношением пары внутренних шестерен — наружная шестерня при описанном колебательном движении внутренней шестерни и диаметре подающего ролика.

На основе методики, предложенной в статье [2], и принимая, что значения эксцентриситетов эксцентриков 3 и 12 одинаковы и равны e , рассмотрим первый вариант расчетной схемы, представленной на рис. 2, а. Выражения для частоты вращения ролика и ускорений движения электродной проволоки для этой (первой) модификации механизма можно записать как

$$\omega_{p1} = \left[-\frac{e}{R} \pm e \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \cos \varphi_1 \right] \omega_1; \quad (3)$$

$$a_{a1} = \frac{eD}{2} \left[\left(\frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \sin \varphi_1 \right] \omega_1^2, \quad (4)$$

где c — расстояние от траектории движения эксцентрика до пальца 9 (длина рычага, поворачивающего внутреннюю шестерню 11).

Рассмотрим еще один вариант КВП, в котором подвижными являются оба пальца (рис. 2, б). В соответствии с описанной методикой и на основе геометрических построений можно утверждать, что при данном варианте выражения для угловой частоты вращения ролика и ускорений движения электродной проволоки практически не отличаются от выражений (3) и (4). Таким образом, варианты конструкции с подвижными прорезями и пальцами практически идентичны по производимому эффек-

ту, что дает дополнительные возможности для поиска оптимальных конструктивных решений относительно рассматриваемых модификаций механизмов импульсной подачи электродной проволоки с КВП.

Далее также используем упомянутые методики и рассмотрим общий случай возможной конструкции механизма. Примем следующие условия:

в устройстве, как и в предыдущих модификациях, имеются два модулятора импульсного движения наружной шестерни (подающего ролика) — модулятор первый, включающий палец 5, шайбу 1 с прорезью 2 и пальцем 6, дополнительную шайбу 8 с прорезью 7, а также модулятор второй, который состоит из дополнительной шайбы 8 с пальцем 9 и внутренней шестерни 11 с прорезью 10;

прорези и пальцы модулятора второго смещены относительно прорезей и пальцев модулятора первого на некоторый угол β ;

эксцентриситеты обоих эксцентриков выполнены разными с безотносительными величинами e и e_1 , а эксцентрики смещены относительно друг друга по направлению вращения на угол γ . Расчетная схема указанной модификации механизма импульсной подачи электродной проволоки представлена на рис. 3.

Для другого случая на основе уже упомянутых методик можно записать

$$\omega_{p2} = \left[-\frac{e}{R} \pm \left(\frac{e \cos \varphi_1}{b} + \frac{e_1 \cos [\beta - (\gamma + \varphi_1)]}{c} \right) \right] \omega_1; \quad (5)$$

$$a_{a2} = \left[\frac{D}{2} \left(\frac{e \sin \varphi_1}{b} + \frac{e_1 \sin [\beta - (\gamma + \varphi_1)]}{c} \right) \right] \omega_1^2. \quad (6)$$

Во всех описанных модификациях механизмов подачи электродной проволоки предполагали, что все прорези были выполнены в радиальном направлении. Для получения уравнения движения ролика в наиболее общем случае рассмотрим третий вариант по аналогии с выражением (1), когда обе прорези выполнены под некоторыми углами α и α_1 к радиальному направлению. В этом случае уравнения, описывающие в общем виде частоту вращения подающего ролика и ускорение электродной

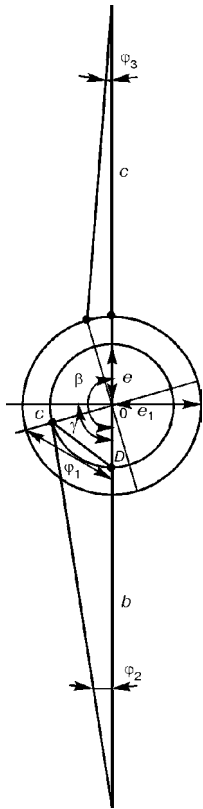


Рис. 3. Расчетная кинематическая схема подобны выра- двухмодуляторного механизма импульсной подачи с расширенными возможностями по (6), учитывают регулированию параметров импульсов элементы уравнения (1) и имеют вид

$$\omega_{p3} = \left[-\frac{e}{R} \pm \left(\frac{e \cos \varphi_1 - \alpha}{b \cos \alpha} + \frac{e_1 \cos [\beta - (\gamma + \varphi_1) - \alpha_1]}{c \cos \alpha_1} \right) \right] \omega_1; \quad (7)$$

$$a_{\text{эз}} = \left[\frac{D}{2} \left(\frac{e \sin(\varphi_1 - \alpha)}{b \cos \alpha} + \frac{e_1 \sin [\beta - (\gamma + \varphi_1) - \alpha_1]}{c \cos \alpha_1} \right) \right] \omega_1^2. \quad (8)$$

При импульсной подаче электродной проволоки наибольший интерес вызывает ее максимальное ускорение, которое обеспечивает принудительный отрыв капли в момент действия импульса [3].

Проанализируем уравнения (4), (6), (8) с целью определения возможных максимальных ускорений. При этом примем во внимание наиболее простой вариант механизма импульсной подачи с одним модулятором, на основе которого выполнялись все последующие разработки.

Для наглядности представим уравнения (1), (4), (6), (8) в относительных единицах, положив, что передаточное отношение механизма $e/R = 1$, и разделив все слагаемые на указанное передаточное отношение. При этом для рассмотренных модификаций механизмов получим следующие уравнения, описывающие изменения угловых скоростей:

$$\omega_p = \left[1 \pm \frac{R}{b} \frac{\cos(\varphi_1 - \alpha)}{\cos \alpha} \right] \omega_1; \quad (9)$$

$$\omega_{p1} = \left[1 \pm \left(\frac{R}{b} + \frac{R}{c} \right) \cos \varphi_1 \right] \omega_1; \quad (10)$$

$$\omega_{p2} = \left[1 \pm \left(\frac{R \cos \varphi_1}{b} + \frac{e_1 R \cos [\beta - (\gamma + \varphi_1)]}{ec} \right) \right] \omega_1; \quad (11)$$

$$\omega_{p3} = \left[1 \pm \left(\frac{R \cos(\varphi_1 - \alpha)}{b \cos \alpha} + \frac{e_1 R \cos [\beta - (\gamma + \varphi_1) - \alpha_1]}{ec \cos \alpha_1} \right) \right] \omega_1. \quad (12)$$

Следует заметить, что несмотря на то, что рассматривали различные по сложности и возможностям организации движения электродной проволоки в механизмах импульсной подачи, закон изменения скорости импульсного вращения подающего ролика может быть описан при помощи одного уравнения (12). Остальные уравнения в основном являются частными случаями. Однако здесь необходимо иметь в виду то обстоятельство, что механизмы, описываемые уравнениями (11) и (12), могут дать полный эффект лишь тогда, если их прорези и эксцентрики имеют относительные смещения по направлению вращения. В противном случае механизм не реализует возможности относительно дополнительного управления ускорением импульса подачи.

На рис. 4, а приведен ряд зависимостей угловой частоты вращения подающего ролика от параметров механизмов импульсной подачи с одним и двумя модуляторами, которые можно рассматривать как непосредственные законы изменения скорости подачи электродной проволоки.

Из уравнений (9)–(11) и выборочных графиков видно, что механизмы с двумя модуляторами имеют гораздо более широкие возможности по формированию импульса подачи, а также по регулированию амплитудного значения скорости и ускорения. При этом снимаются конструктивные ограничения по формированию импульсов, присущие механизмам с одномодуляторной схемой в части изменения угла наклона прорези и эксцентриситета. Особо можно отметить тот факт, что форма импульса в части получения того или иного значения ускорения подачи электродной проволоки может быть отрегулирована относительным смещением прорезей и эксцентриков, а также длиной рычагов и эксцентриситетом. При этом очевидно, что из конструктивных соображений большие возможности по указанному модулированию имеет второй модулятор в двухмодуляторной схеме механизма импульсной подачи. Регулирование формы импульса может быть и ступенчатым, и плавным с глубиной от плавного (безимпульсного) движения до увеличения (в несколько раз) амплитуды импульса по отношению к равномерной подаче с соответствующими значениями ускорений.

Отметим и такой эффект использования новых модификаций механизмов импульсной подачи. Если в системах, в которых нет относительного смещения прорезей и эксцентриков, формы импульсов подачи симметричны относительно их экстремумов, то при выполнении указанного смещения симметричность нарушается с соответствующим изменением кривизны импульса, а следовательно, с увеличением или уменьшением ускорения. Этот факт может быть также использован для управ-

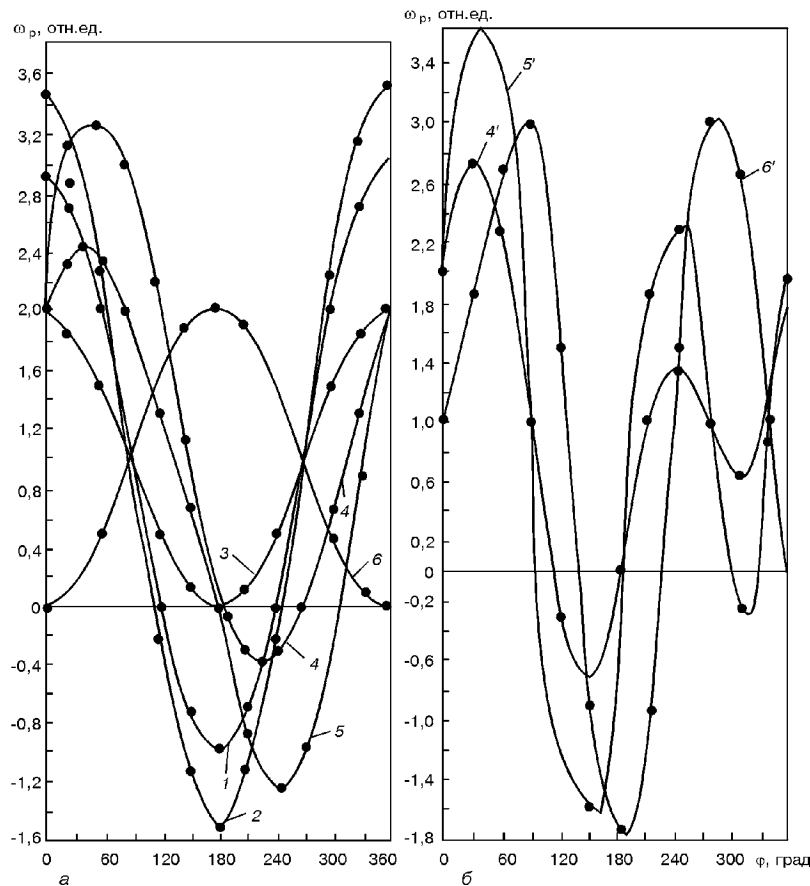


Рис. 4. Графики зависимостей изменения угловой частоты вращения подающего ролика от угла поворота вала приводного электродвигателя для механизма импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП с двумя модуляторами, имеющими одинаковые (а) и разные (б) частоты вращения: 1 – $R/b = 1; R/c = 1$; 2 – $R/b = 1,25; R/c = 1,25$; 3 – $R/b = 1; R/c = 0$; 4, 4' – $R/b = 1; R/c = 1$; $e/e_1 = 1; \beta = \pi; \gamma = \pi/2$; 5, 5' – $R/b = 1; R/c = 1; e/e_1 = 2; \beta = \pi; \gamma = \pi/2$; 6, 6' – $R/b = 1; R/c = 1; e/e_1 = 2; \beta = 2\pi/3; \gamma = \pi/2$

ления ускорением подачи электродной проволоки и переносом капель электродного металла.

Из графиков на рис. 4 видно, что с увеличением амплитудного значения скорости импульсного вращения зафиксирован рост реверсивного движения ролика в импульсе. Этот эффект обеспечивает максимальные ускорения в подаче. Однако при достаточно большой длине гибких направляющих каналов указанное явление может привести к нежелательным последствиям, которые заключаются в частичном исключении запаса электродной проволоки в канале [4]. При последующем импульсе подачи некоторая длина шага подачи будет расходоваться на создание запаса проволоки, т. е. ожидаемое (по параметрам механизма) ускорение движения электродной проволоки не произойдет, а будет даже несколько снижено. Для этого случая целесообразно рассмотреть условия импульсного вращения подающего ролика без его реверсирования. Условие отмеченного безреверсивного движения определим для модификации механизма, которая описывается общим уравнением (12) в следующем виде:

$$\gamma - \beta \geq \arcsin [(c e)/(R e_1)]. \quad (13)$$

Рассмотрим еще некоторые весьма интересные и полезные возможности для управления переносом электродного металла и регулирования тепловыделений, получаемые при дальнейших работах по целенаправленному изменению конструкций механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП.

Иногда, особенно при малых шагах подачи, этой частоты подачи бывает недостаточно для получения требуемой интегральной скорости, а следовательно, для обеспечения необходимого тока дугового процесса. Это относится и к случаю, когда в системе подачи применяются электродвигатели с малыми номинальными значениями частоты вращения их вала. Так, например, используемый в блочно-модульной гамме полуавтоматов на основе базовой модели ПШ107В [5] электродвигатель типа ДПУ87-75 имеет номинальную частоту вращения при номинальном напряжении питания 20 В – $16,7 \text{ с}^{-1}$, а при допускаемом напряжении питания 40 В – $33,3 \text{ с}^{-1}$, что может быть достаточным для наплавки самозащитными электродными проволоками повышенных диаметров с импульсной подачей, но мало для некоторых случаев сварки в защитном газе с импульсной подачей тонких сплошных электродных проволок. Для указанных случаев нами найдены и реализованы несколько следующих технических решений:

для увеличения частоты импульсной подачи электродной проволоки между валом приводного электродвигателя устанавливали мультипликатор с возможностью его включения в систему и обеспечения прямого действия вала на механизм импульсной подачи;

для варьирования формы импульсов и возможного увеличения их частоты изменяли относительную частоту вращения вала одного из модуляторов, разомкнув сначала предварительную кинематическую связь между первым и вторым модулятором;

Механизм	Соотношение максимальных ускорений	Достоинства	Недостатки
С односторонними захватами	1	Простота конструкции	Малая надежность, прерывистость, малые ускорения
КВП с одним модулятором	1...1,7	Относительная простота, надежность	Не отмечены
То же, с введением угла наклона α	До 2	»	Сложность регулирования угла наклона α
КВП с двумя модуляторами (19)	До 2,5	Возможность регулирования формы импульса	Относительная сложность конструкции
То же (20)	До 3,5	Возможность регулирования формы импульса в широких пределах	Существенное усложнение конструкции
То же (21)	3...4	То же	Относительная сложность конструкции
То же (12)	До 6	То же, увеличение количества импульсов за цикл	Относительная сложность и большие габариты конструкции

для изменения формы импульсов и возможного увеличения их частоты использовали один модулятор, но дополнительно еще раз его модулировали, например, внешним эксцентриковым или кулачковым механизмом с частотой, отличающейся от частоты вращения вала приводного электродвигателя. Последний вариант, представленный на рис. 1, б, включает, кроме ранее известных элементов одномодуляторной схемы, дополнительный эксцентрик 17, установленный на валу 18 и приводимый во вращение тем же приводным электродвигателем через мультипликатор 19. При этом шайба модулятора связана с эксцентриком через качающийся рычаг 20.

Закон изменения угловой частоты вращения подающего ролика и ускорения подачи в этом (четвертом) механизме можно описать уравнениями (12) и (13) приняв, что частота вращения эксцентрика 2 отличается от частоты вращения вала электродвигателя. При этом получим

$$\omega_{p4} = \left[1 \pm \left(\frac{R \cos \varphi_1}{b} + \frac{e_1 R \cos [\beta - (\gamma + \varphi_2)]}{ec} \right) \right] \omega_1; \quad (14)$$

$$a_{з4} = \frac{D}{2} \left(\frac{e \sin \varphi_1}{b} \omega_{11}^2 + \frac{e_1 \sin [\beta - (\gamma + \varphi_1)]}{c} \right) \omega_{12}^2, \quad (15)$$

где ω_{11} , ω_{12} — частоты вращения валов соответственно основного и дополнительного модуляторов.

В уравнениях (14), (15) во избежание введения новых параметров примем, что величины e_1 и c соответствуют характеристикам дополнительного эксцентрикового механизма с углом поворота φ_2 , отличающимся от φ_1 . При этом учтено, что $\varphi_1/\varphi_2 = \omega_1/\omega_d$, где ω_d — частота вращения дополнительного эксцентрика.

Графики зависимостей $\omega_{p4} = f(\varphi_1)$ для ряда соотношений R/b , $e_1 R/ec$, β , γ , а также удвоенной частоты нового эксцентрикового модулятора ($\varphi_2 = 2\varphi_1$) представлены на рис. 4, б.

При использовании этой модификации механизма возможно получение импульсов сложной формы. Так, за один оборот вала приводного электродвигателя можно получить импульс с двумя уровнями амплитуд: большая, а затем меньшая или наоборот, меньшая, а затем большая, что в некоторой степени соответствует рекомендациям, приведенным в работе [6] для источников питания дуги, которые предназначены для реализации импульсно-дугового процесса сварки в защитном

газе. В этом случае первый импульс малой амплитуды является плавящим электродную проволоку, а последующий, с более значимой амплитудой, — принудительно отрывающим каплю электродного металла и переносящим ее в металлическую ванну. Полезность получения указанных сочетаний импульсов может состоять и в том, что, например, первый импульс преодолевает направляющий канал (выбирает зазоры) значительной длины, а второй — в полной мере воздействует на каплю электродного металла. Важным является то, что можно выбрать параметры механизма таким образом, чтобы за один оборот вала приводного электродвигателя получить более одного импульса подачи проволоки с довольно близкими значениями амплитуд, которых достаточно для управления переносом электродного металла. Такая возможность несколько меняет общую логику работы механизмов импульсной подачи, если за один цикл (оборот вала приводного электродвигателя) выполняется подача электродной проволоки с одним заранее выбранным шагом перемещения, который связан с диаметром подающего ролика прямо пропорциональной зависимостью. При этом стремление получить малые шаги подачи приводит, с одной стороны, к снижению диаметра подающего ролика, что ухудшает условия подачи, а с другой, — к повышению частоты вращения вала приводного электродвигателя, что не всегда возможно из-за используемых в дуговом механизированном оборудовании типов и конструкций самих электродвигателей. Предложенное и обоснованное нами техническое решение позволяет устранить указанную проблему путем увеличения шага подачи за один оборот вала электродвигателя с наложением на этот шаг нескольких импульсов.

Для дополнительной количественной оценки возможностей модификаций механизмов импульсной подачи электродной проволоки с КВП выполним их сравнительный анализ, приняв за критерий возможные максимальные ускорения вращательного движения подающего ролика (электродной проволоки) в импульсе. Сравнение выполним относительно тех значений ускорения, которые получаются при использовании механизмов импульсной подачи с односторонними захватами и эксцентриковыми преобразователями движения [7] как наиболее простых технических средств, обеспечивающих импульсный характер движения электродной проволоки. Очевидно, что ускорение движения $a_{з0}$ одностороннего захвата как движи-

теля электродной проволоки может быть описано уравнением

$$a_{\varphi 0} = e\omega_1^2 \sin(\varphi_1 t), \quad (16)$$

а максимальное значение ускорения запишется следующим образом:

$$a_{\varphi 0 \max} = e\omega_1^2. \quad (17)$$

Отметим, что максимальные значения ускорений в уравнениях (4), (6), (8), (15) определяются следующими выражениями:

$$a_{\varphi 1 \max} = \frac{eD}{2} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \omega_1^2, \quad (18)$$

$$a_{\varphi 2 \max} = \frac{D}{2} \left(\frac{e}{b} + \frac{e_1 \sin(\beta - \gamma)}{c} \right) \omega_1^2, \quad (19)$$

$$a_{\varphi 3 \max} = \frac{D_p}{2} \left(\frac{e \sin[(\pi/2) - \alpha]}{b} + \frac{e_1 \sin[\beta - (\gamma + \pi/2) - \alpha]}{c} \right) \omega_1^2, \quad (20)$$

$$a_{\varphi 4 \max} = \frac{D}{2} \left(\frac{e \sin \varphi_1}{b} \omega_{11}^2 + \frac{e_1 \sin[\beta - (\gamma + \varphi_1)]}{c} \right) \omega_{12}^2. \quad (21)$$

Принимая максимально возможное ускорение подачи электродной проволоки для механизмов с односторонними захватами в виде единичной величины, можно рассчитать их относительную эффективность при одинаковых значениях шага и частоты подачи по максимальным ускорениям. Такие расчеты выполнены для ряда конструкций и представлены в таблице.

Предварительные расчеты показывают, что именно в конструкциях механизма с двумя модуляторами вероятно получение максимальных ускорений (примерно 100 м/с² и более), что может превышать те необходимые для переноса электродного металла при сварке в защитном газе ускорения, которые определены в работе [3].

В процессе разработки и исследования рассмотренных в статье механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе принципа КВП изготавливали кинематические модели по всем их модификациям. Отметим, что исследования работы моделей и образцов полностью подтверждают их теоретические описания. Кроме того, макетный образец механизма с двойным модулятором (см. рис. 3), испытывали в процессе сварки в углекислом газе электродной проволокой диаметром 1,2 мм при силе сварочного тока 180... 220 А. При этом частота импульсов подачи по шланговому держателю длиной 1,7 м составляла 40... 50 Гц. Процесс сварки во всех пространственных положениях стабилен, а частота переноса электродного металла четко соответствует частоте импульсов подачи.

The paper discusses the features of development of the mechanisms of pulsed feed of electrode wire based on quasi-wave converters. It is shown that the maximal value of acceleration achieved in the pulse can be essentially increased by cascade connection of several modulators or variation of the modulation pulse frequency. Determined are the conditions under which the mechanism designs will be optimal in terms of both their fabrication, and output parameter adjustment. The main principles of design of new types of pulsed feed mechanisms are defined, that take into account the specifics of their mounting into the mechanized arc welding equipment.

Выводы

1. Комплекс разработок механизмов импульсной подачи электродной проволоки на основе КВП позволяет выбрать такие из них, которые осуществляют движение электродной проволоки от плавного до импульсного, в том числе и с частичным реверсом подающего ролика. Весь этот диапазон движений может быть использован для решения различных задач — от простого преодоления направляющего канала до снижения сопротивления подаче при малых амплитудах импульсов и управляемого переноса электродного металла.

2. Для расширения возможностей механизма относительно максимального ускорения электродной проволоки необходимо иметь второй модулятор, эксцентриситет которого ограничивается лишь условиями вибрации механизма и реально может быть увеличен в 2...3 раза по отношению к эксцентриситету внутренней шестерни.

3. Существенно расширить возможности механизмов импульсной подачи электродной проволоки, разрабатываемых на основе КВП, позволяют такие конструкции, которые обеспечивают вращение валов обоих модуляторов с разными частотами.

4. Наиболее рациональной следует считать конструкцию механизма импульсной подачи электродной проволоки, в которой установлены два модулятора с эксцентриками, имеющими достаточно близкие значения эксцентриситетов и расположенные оппозитно относительно друг друга, что дает возможность максимально сбалансировать механизм и обеспечить его минимальные вибрации.

1. Лебедев В. А., Никитенко В. П. Перспективные направления в конструировании механизмов подачи электродной проволоки // Автомат. сварка. — 1983. — № 7. — С. 61–69.
2. Лебедев В. А., Мошкин В. Ф., Пичак В. Г. Новые механизмы подачи электродной проволоки // Там же. — 1996. — № 5. — С. 39–44.
3. Воронай Н. М. Параметры режимов и технологические возможности дуговой сварки с импульсной подачей электродной и присадочной проволоки // Там же. — 1996. — № 10. — С. 3–9.
4. Лебедев В. А., Светишков Б. Г. Влияние начальной кривизны электродной проволоки на ее сопротивление в канале // Там же. — 1986. — № 2. — С. 35–38.
5. Лебедев В. А., Мошкин В. Ф., Пичак В. Г. Полуавтоматы единой блочно-модульной конструкции для сварки, наплавки и резки // Свароч. пр-во. — 1998. — № 1. — С. 24–28.
6. Шейко П. П., Павшук В. М. Источник питания для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом с плавным регулированием параметров // Новые сварочные источники питания: Сб. науч. тр. — Киев, 1992. — С. 40–48.
7. Лебедев В. А., Никитенко В. П. Захваты для импульсной подачи электродной проволоки // Автомат. сварка. — 1984. — № 10. — С. 52–58.

Поступила в редакцию 04.05.2000,
в окончательном варианте 27.10.2000