



ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ В СВАРОЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ

В. А. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны некоторые особенности разработки и конструирования механизмов импульсной подачи электродной проволоки. Рассмотрены проблемы, возникающие в случае больших ускорений в импульсе и переменных скоростях подачи, которые состоят в необходимости воспроизведения параметров импульсов, задаваемых электродной проволокой при ее взаимодействии с подающими роликами, снижения уровня вибраций механизма, влияющих на механическую надежность механизма и условия ведения сварочного процесса. Показаны способы улучшения работы импульсных механизмов подачи.

Ключевые слова: дуговая сварка, механизированное оборудование, механизм подачи, электродная проволока, импульс

Совершенствование дугового механизированного оборудования, предназначенного для сварки и наплавки как в защитных газах, так и с использованием самозащитных порошковых электродных проволок всегда связано с конструированием механизмов подачи. Использование импульсных механизмов подачи проволоки позволяет комплексно решить задачу совершенствования всей системы подачи, что положительно влияет на технологический процесс.

Существует несколько типов импульсных механизмов подачи, которые в данной работе сгруппированы определенным образом с учетом характера устройств механики, преобразующей движение привода в поступательное движение электродной проволоки. Эти механизмы совершают обратное-поступательное движение, передаваемое по определенному алгоритму односторонним захватам — движителям электродной проволоки [1, 2]. В настоящей статье представлена группа механизмов с преобразованием движения от привода (с использованием электродвигателей), которые в свою очередь можно разделить на две большие группы: с передачей движения односторонним захватам [3] и подающему ролику [4]. Однако данных о применении таких механизмов в литературе недостаточно для разработки оптимальной системы импульсной подачи проволоки.

Целью настоящей работы является обоснование выбора конструкций механизмов, обеспечивающих надежную импульсную подачу проволоки с заданными параметрами в составе оборудования для механизированной сварки.

Задача 1. Оптимизация прижимного устройства для подачи роликовым механизмом электродной проволоки, движущейся с большими ускорениями при реализации импульсной подачи или при резких изменениях скорости (старт или применение модуляции тока) в обычном подающем механизме.

Задача оптимизация прижимного устройства направлена на повышение КПД механизма подачи электродной проволоки, уменьшение ее деформации в зоне контакта с роликами, снижение вероятности пробуксовывания подающего ролика относительно проволоки с потерей заданных параметров движения, определяющих качество технологического процесса [5].

Рассмотрим силы, действующие при подаче проволоки (рис. 1). Условие надежной подачи проволоки можно записать в виде [6]

$$F_{\text{п}} > F_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{п}}$ — усилие подачи, передаваемое подающим роликом проволоке; $F_{\text{с}}$ — совокупное (статическое и динамическое) усилие сопротивления движению проволоки.

Усилие подачи $F_{\text{п}}$ проволоки обеспечивается рядом факторов, которые с некоторым упрощением физических явлений в зоне контакта можно объединить следующим уравнением:

$$F_{\text{п}} = bF_{\text{пр}}/f, \quad (2)$$

где b — запас сцепления для надежной подачи, обеспечиваемый специальным профилированием канавок, нанесением рифления, развитием поверхности подающего ролика и др.; $F_{\text{пр}}$ — усилие

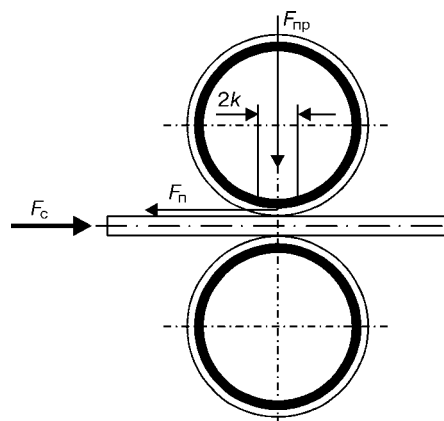


Рис. 1. Силы, действующие в зоне контакта подающего и прижимного роликов при подаче электродной проволоки

прижима подающего ролика; f — коэффициент трения материалов проволоки и ролика.

Условие (1) с учетом уравнения (2) перепишем в виде

$$bF_{\text{пр}}/f > F_c \quad (3)$$

Из анализа условия (3) следует, что усилие подачи $F_{\text{п}} = \text{var}$ и зависит не только от усилия прижима $F_{\text{пр}} = \text{const}$ (т. е. выбрано для данных условий подачи), но и от коэффициента трения f , который является многофакторной величиной и определяется рядом параметров, т. е.

$$f = f(f_{\text{п}}, f_c, f_k, t_b, v_{\text{п}}, v_c),$$

где $f_{\text{п}}, f_c, f_k$ — коэффициенты трения соответственно покоя, скольжения и качения; t_b — время выстоя ролика с проволокой; $v_{\text{п}}$ — скорость подачи проволоки; v_c — скорость скольжения ролика относительно проволоки.

Учесть влияние всех параметров на f не представляется возможным, поэтому в реальных условиях эксплуатации подающих механизмов усилие прижима устанавливается заведомо большим, чтобы исключить колебания f и F_c . Это приводит к увеличению потерь в узле подачи, деформации проволоки, повышению мощности привода, рассчитываемого на длительную повышенную нагрузку. КПД механизма заметно падает из-за потерь, возникающих в зоне фрикционного контакта металла роликов и проволоки, включающие: потери на гистерезис δ_r при качении роликов по проволоке в результате деформации последней роликом при действии усилия прижима, увеличивающейся с возрастанием этого усилия в результате удлинения плеча трения качения k , показанного условно на рис. 1; потери на скольжение δ_c , в данном случае геометрическое, вследствие неодинакового изменения скорости по линии контакта при профилировании роликов, неточностей их установки или изготовления и увеличивающихся при возрастании усилия прижима; потери в подшипнике $\delta_{\text{п}}$ прижимного ролика, а также при изгибе осей подающего и прижимного роликов при действии прижимного усилия.

Если потери определять в относительных единицах, то КПД роликового подающего узла η можно вычислить следующим образом:

$$\eta = 1 - (\delta_r + \delta_c + \delta_{\text{п}}).$$

Автором выполнено экспериментальное оценочное определение суммарных относительных потерь δ ($\delta = \delta_r + \delta_c + \delta_{\text{п}}$) в роликовом механизме подачи полуавтомата ПДГ-516 с двумя типами роликов — с гладкой поверхностью и с клиновидной канавкой при изменении усилия прижима. Результаты оценок для проволоки типа Св-08Г2с диаметром 1,2 мм представлены на рис. 2. Характер обеих зависимостей практически одинаков, но в случае ролика с канавкой потери несколько больше, что, по мнению автора, является следствием больших потерь на

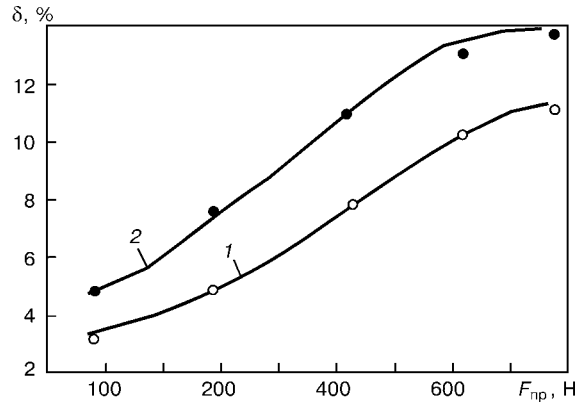


Рис. 2. Зависимость относительных потерь δ в роликовом узле подачи от усилия прижима: 1 — гладкий подающий ролик; 2 — подающий ролик с клиновидной канавкой

скольжение проволоки по обеим стенкам клиновидной канавки. При значительных усилиях прижима происходит стабилизация потерь из-за малого прироста контактной деформации.

Таким образом, для минимизации потерь в роликовом узле подачи целесообразно обеспечить следующее условие:

$$F_{\text{п}}/F_{\text{пр}} = \text{const} \quad (4)$$

Условие (4) обеспечить сложно, в частности из-за наличия гибкого направляющего канала [7]. Для его реализации в ИЭС им. Е. О. Патона разработано и изготовлено экспериментальное устройство, устанавливаемое в систему подачи сварочного полуавтомата. Устройство-регулятор (рис. 3) осуществляет автоматический выбор (регулирование) усилия прижима проволоки прижимным роликом в зависимости от усилия сопротивления подаче. Рассмотрим работу указанного регулятора.

На хвостовике 3 шлангового держателя 1 закреплено упорное кольцо (гайка) 4, а также профилированный нажимный элемент 6 с углом наклона α , направленным против движения электродной проволоки (стрелками указано направление). Шланговый держатель 1 подпружинен относительно корпуса 5 цилиндрической пружиной 2, усилие которой задается положением упорного кольца 4. Прижим электродной проволоки 7 к подающему ролику 8 осуществляется прижимным

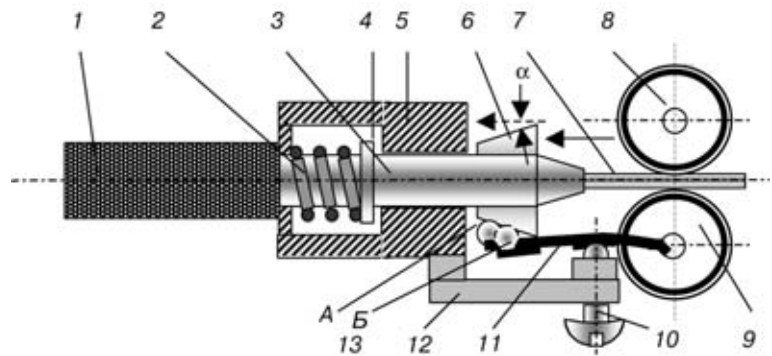


Рис. 3. Вариант конструкции роликового подающего узла с устройством прижима, усилие которого зависит от усилия сопротивления подаче электродной проволоки в элементах шлангового держателя (обозначения позиций см. в тексте)

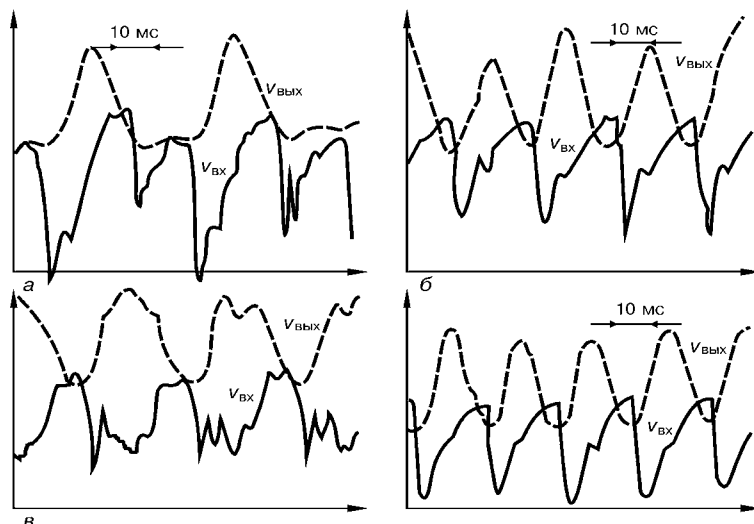


Рис. 4. Характерные осциллограммы скоростей импульсной подачи электродной проволоки: сплошная кривая — на входе механизма $v_{вх}$; штриховая — на выходе из направляющего канала $v_{вых}$

ролик 9, связанным с одним концом упругого элемента, например плоской пружины 11. Плоская пружина 11 опирается на регулирующий элемент 10, выполненный в виде винта и размещенный на кронштейне 12. Другой конец плоской пружины 11 снабжен элементом скольжения или качения 13 (шариком, как в нашем случае, а также возможно использование роликом или подшипником), который взаимодействует с нажимным элементом 6. Настройка устройства заключается в выборе начального усилия пружины 2, обеспечивающего движение электродной проволоки в режиме без сварки и манипулирования держателем. При этом шарик 13 вместе с одним из концов плоской пружины 11 занимает положение А. При этом прогиб пружины 11, обеспечивающий согласно условию (1) необходимое минимальное усилие прижима электродной проволоки роликом 9, регулируется винтом 10. Если усилие сопротивления подаче не меняется, то усилие прижима также неизменно. С увеличением первого, превосходящего усилие пружины 2, начинается поступательное движение шлангового держателя в направлении подачи электродной проволоки, шарик 13 перемещается в положение Б, вызывая увеличение прогиба плоской пружины 11 и тем самым обеспечивая необходимое для данной ситуации увеличение прижимного усилия. При снижении усилия сопротивления подаче процесс развивается в обратном направлении. Таким образом регулятор автоматически поддерживает соотношение усилий в соответствии с выражением (4). Этот регулятор был испытан при подаче порошковых проволок роликами с гладкими подающими поверхностями, исключая деформацию оболочек проволок. Средние значения потерь в роликовом узле за цикл сварки уменьшены в 2...4 раза.

Изучали работу регулятора при импульсной подаче проволоки. На рис. 4, а, в представлены осциллограммы скорости движения при работе механизма с импульсной подачей гладкими роликами. При этом в системе, характеризуемой осциллограммой 4, а, регулятор не устанавливали. Здесь

заметно пробуксовывание подающего ролика относительно проволоки. Экспериментальное изучение явления пробуксовывания в механизмах импульсной подачи привело к следующим заключениям. Предварительно установленное в роликовом подающем узле усилие прижима проволоки в первоначальный момент, как правило, обеспечивает необходимые условия для ее движения из-за достаточно больших значений f (трение покоя, отсутствие скольжения). При увеличении импульсной окружной скорости подающего ролика указанные значения f существенно снижаются, что приводит к пробуксовыванию ролика относительно проволоки. Это явление, как следует из осциллограмм, может носить автоколебательный характер в пределах действия каждого импульса, изменяя его параметры. Осциллограмма (рис. 4, в) получена для случая, когда в систему подачи был

установлен регулятор усилия прижима. Здесь при действии импульса одновременно с движением проволоки начинается некоторое движение хвостовика шлангового держателя с увеличением прижимного усилия. При этом из-за разных инерционных свойств проволоки в канале шлангового держателя проволока продолжает движение в канале, а держатель остается на месте. Применение регулятора приводит к снижению пробуксовывания и к искажению формы выходного импульса — более существенному, чем это обычно бывает в случае прохождения проволоки через канал [8]. Указанное явление должно быть учтено при настройке механизма импульсной подачи.

Осциллограммы на рис. 4, б, г выполнены при применении подающих роликов с насечкой по образующей ролика. На осциллограмме (рис. 4, г) представлен результат работы механизма импульсной подачи без применения регулятора, а на рис. 4, б — с регулятором. В обоих случаях форма выходного импульса приемлема для воздействия на технологический процесс. Разница состоит в том, что регулятор также несколько искажает форму импульса подачи.

Задача 2. Исключение или снижение вибраций в механизмах импульсной подачи проволоки с повышением надежности самого механизма и полуавтомата в целом.

Решение этой задачи представляет особый интерес, поскольку успех широкого распространения дугового механизированного оборудования с импульсной подачей проволоки зависит от того, насколько эффективно будут уменьшены вибрации механизма, а его работа в части характеристик надежности и санитарно-гигиенических норм приближена к работе обычных механизмов подачи.

Повышенный уровень вибраций для механизмов импульсной подачи проволоки с приводом от электродвигателей, как показывают исследования, особенно ощутим на частотах более 20 Гц, т. е. на требуемом для сварки диапазоне частот. Технические решения, связанные с применением виб-

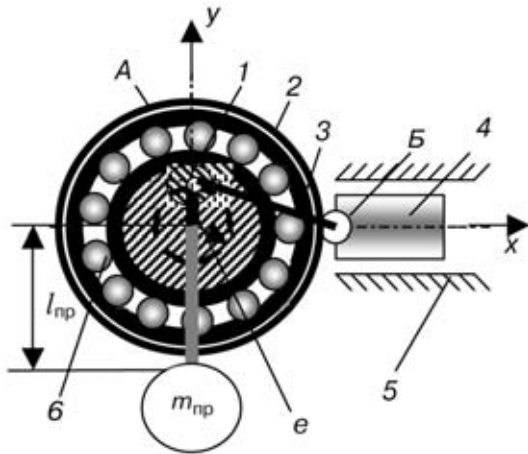


Рис. 5. Механизм импульсной подачи с одним подвижным захватом: 1 — ось эксцентрика; 2 — наружная обойма для крепления шарнира Б захвата 4; 3 — наружная обойма подшипника; 5 — направляющие; 6 — вал электродвигателя; А — условный шарнир между кривошипом и шатуном

ропоглощающих устройств (пружины, упругие прокладки и др.), дают эффект в небольшом диапазоне частот. Более действенным в этом случае может быть применение систем уравнивания механизмов.

Практически в любом механизме с импульсной подачей, имеющем в качестве привода электродвигатель, используется устройство преобразования движения, основу которого составляет кривошипно-шатунная пара как один из наиболее простых и эффективных механизмов. Это объединяющее решение позволяет формализовать задачу и разработать единый подход к конструкторскому решению снижения вибраций в механизмах импульсной подачи.

Математически [9] условия уравнивания любого механизма имеют вид

$$x_s = \text{const}; y_s = \text{const}; \quad (5)$$

$$J_{xz} = \text{const}; J_{yz} = \text{const}, \quad (6)$$

где x_s, y_s — координаты общего центра движущихся масс; J_{xz}, J_{yz} — моменты инерции звеньев.

Из уравнений (5) и (6) следует, что основной и, как показывает опыт, наиболее сложной задачей расчета уравнивания реальных механизмов является определение масс узлов и их координат. Для механизмов импульсной подачи проволоки с односторонними захватами наиболее простым по конструкции является устройство с подшипником, установленным эксцентрично на валу электродвигателя. При этом наружная обойма подшипника шарнирно связана с подвижным односторонним захватом, как на рис. 5, где второй стопорный захват не показан. Система представляет собой кривошип, образованный отрезком между центрами подшипника и эксцентрикового вала (шарнир А), а также шатун в виде отрезка между двумя шарнирами А, Б и ползуном, образованным односторонним захватом с движимой им проволокой (на

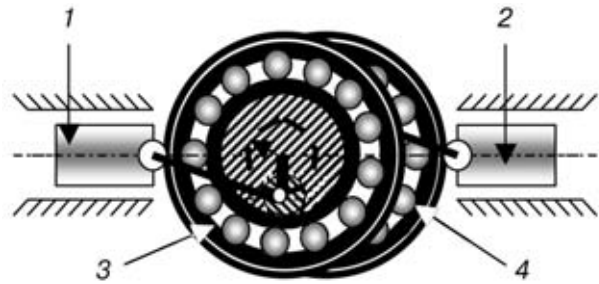


Рис. 6. Механизм импульсной подачи с двумя подвижными односторонними захватами (1, 2); эксцентриковые механизмы (3, 4) для наглядности условно сдвинуты относительно друг друга (рисунку не показана). В этой системе шатун представляет собой некоторое образование без реального конструктива, а следовательно, и массы $m_{ш} = 0$. Масса кривошипа m_k будет состоять из массы подшипника с прикрепленными элементами. Устройство можно рассматривать как эксцентриковый механизм и уравнивать при этом лишь вращающиеся массы.

В соответствии с работой [9] произведем уравнивание, устанавливая на линии, проходящей через центр тяжести механизма, по другую сторону от оси вращения противовес массой $m_{пр}$, определяемой с учетом выражений (5) и (6)

$$m_{пр} = m_k e / l_{пр}, \quad (7)$$

где e — эксцентриситет; $l_{пр}$ — расстояние крепления противовеса от центра масс O .

Из соотношения (7) следует, что при принятии решений об установке противовеса необходимо выбирать или его массу, или расстояния от центра масс механизма. В этом случае удобен противовес в виде диска с массой, близкой к массе преобразователя движения, размещенный на малом регулируемом расстоянии от центра масс в направлении, противоположном эксцентрику.

При конструировании механизмов импульсной подачи зачастую используют конструкцию с двумя движущимися навстречу друг другу захватами. Такой алгоритм работы механизма решает задачу его уравнивания посредством двух симметричных систем подачи (рис. 6). При двух оппо-

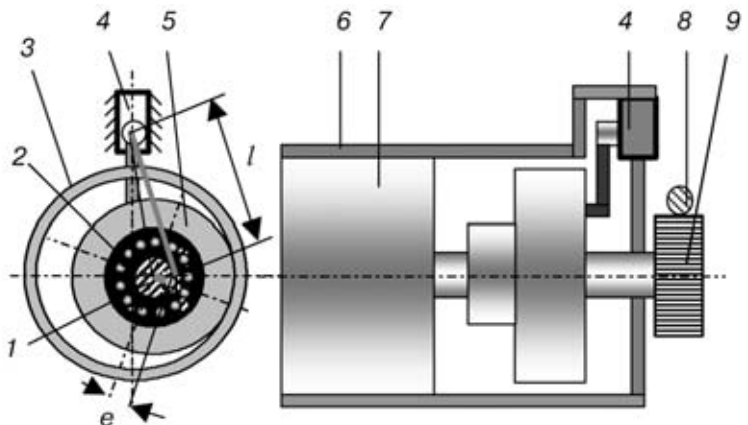


Рис. 7. Схематическое представление механизма импульсной подачи электродной проволоки с КВП: 1 — эксцентриковый вал; 2 — подшипник; 3 — шестерня с внутренним зацеплением; 4 — устройство формирования импульса движения; 5 — шестерня с наружным зацеплением; 6 — корпус; 7 — приводной электродвигатель; 8 — электродная проволока; 9 — подающий ролик



зиционностоящих захватах и эксцентрикковых преобразователях движения конструкция механизма является функционально совершенной.

В механизмах импульсной подачи с квазивольновыми преобразователями (КВП) [4], вариант одного из которых представлен на рис. 7, решить задачу уравнивания существенно сложнее, причиной этому служит двойное приложение усилий в кинематических звеньях механизма: передачи усилия от эксцентрично установленной и перемещающейся шестерни с наружным зацеплением 5 шестерне с внутренним зацеплением 3 и далее подающему ролику 9 с электродной проволокой 8. Кроме того, действуют усилия, управляющие движением шестерни 4 в устройстве формирования импульса движения. Формализуя кинематическую структуру механизма, можно выделить две кривошипно-шатунные системы. Исследовать такой механизм на предмет уравнивания с учетом всех кинематических звеньев практически невозможно, что и не требуется, поскольку основную неуравновешенную массу, как и в предыдущем случае, составляют вращающиеся на эксцентрикэлементы механизма: подшипник 2, шестерня с наружным зацеплением 5, эксцентриквал 1. Следовательно, здесь также уместна приведенная методика уравнивания противовесом согласно выражению (6). К сожалению, до настоящего времени не удалось найти функционально оправданного технического решения с оппозиционностоящими эксцентриками для конструкции с КВП в общем случае. Исключение в этом случае составляет механизм с дополнительным преобразователем движения (второй эксцентрик), описанный в работе [10]. В общем случае нами при разработке и конструировании использовались обычные дисковые противовесы, устанавливаемые на оппозитивных эксцентриситетах, что обеспечивает снижение уровня вибраций, передаваемых на корпус, в 3... 4 раза.

Выводы

1. Установлена возможность снижения вероятности проскальзывания подающих роликов относительно

электродной проволоки при импульсной подаче в результате изменения характеристики трения в зоне контакта путем выбора формы и структуры подающей поверхности роликов или создания оптимальных условий прижима подающих роликов к электродной проволоке.

2. Поскольку вибрация механизма импульсной подачи электродной проволоки любой конструкции с приводом от электродвигателя являются следствием работы устройства преобразования вращательного движения в импульсно-поступательное или импульсно-вращательное, определено, что наиболее простым, доступным и эффективным способом их уменьшения является статическое уравнивание только вращающихся масс, дополняемое вибропоглощающими приспособлениями.

1. Воронай Н. М., Савельев О. Н., Семергеев С. С. Электромагнитные механизмы импульсной подачи электродной проволоки // Автомат. сварка. — 1980. — № 1. — С. 46–49.
2. А. с. 703266 СССР, МПК В 23К 9/12. Механизм для подачи сварочной проволоки / Д. А. Дудко, А. И. Четвертко, Э. М. Святский, В. А. Лебедев. — Оpubл. 15.12. 79; Бюл. № 46.
3. Лебедев В. А., Никитенко В. П. Захваты для импульсной подачи электродной проволоки // Автомат. сварка. — 1984. — № 10. — С. 52–58.
4. Лебедев В. А., Мошкин В. Ф., Пичак В. Г. Новые механизмы для импульсной подачи электродной проволоки // Там же. — 1996. — № 5. — С. 39–44.
5. Воронай Н. М. Параметры режимов и технологические возможности дуговой сварки с импульсной подачей электродной и присадочной проволоки // Там же. — 1996. — № 10. — С. 3–9.
6. Бельфор М. Г., Патон В. Е. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки. — М.: Высш. шк., 1974. — 338 с.
7. Лебедев В. А., Светников Б. Г. Учет влияния изгибов направляющего канала и мундштука токоподвода на сопротивление движению электродной проволоки (Элементы статического анализа) // Автомат. сварка. — 1984. — № 9. — С. 35–37.
8. Лебедев В. А. Влияние направляющего канала сварочного полуавтомата на параметры импульсной подачи электродной проволоки // Там же. — 1999. — № 2. — С. 45–48.
9. Шепетильников В. А. Уравнивание механизмов. — М.: Машиностроение, 1982. — 256 с.
10. Лебедев В. А., Пичак В. Г., Смолярко В. Б. Механизмы импульсной подачи электродной проволоки с регулированием параметров импульсов // Автомат. сварка. — 2001. — № 5. — С. 31–37.

Some features in development and designing of a mechanism of pulsed wire feed are considered. Serious problems are enumerated, arising at high accelerations in the pulse and variable feed rates, which consist in the need to reproduce the pulse parameters, set by the electrode wire at its interaction with the feed rollers, lowering the level of mechanism vibrations, affecting the mechanical reliability of the mechanism and the conditions of conducting the welding process. Methods and means to improve the operating conditions of the pulsed feed mechanisms are demonstrated.

Поступила в редакцию 02.10.2002,
в окончательном варианте 10.12.2002