

ПОВОРОТНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ СВАРКИ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

А. И. Аккуратов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Сварка – это прогрессивный метод получения неразъемных соединений в промышленности, поэтому сварочное производство на заводе ВНИИЭФ непрерывно развивается.

В настоящее время на заводе ВНИИЭФ для сварки круговых швов (цилиндрических обечаек, корпусов) используются поворотные приспособления, оснащенные электродвигателями, не имеющими возможность регулирования частоты вращения шпинделя. Здесь линейную скорость сварки регулируют с помощью вариатора, встроенного в приспособление. Контроль времени одного оборота осуществляется с помощью секундомера. Данный метод устарел и не отвечает современным требованиям технического прогресса, точности, качества и безопасности производства. Это приводит к появлению вспомогательных технологических операций по настройке оборудования и, как следствие, растягивается производственный процесс изготовления изделий.

Целью данной работы является разработка новой конструкции поворотного приспособления для сварки круговых швов. Внедрение данного оборудования позволит увеличить качество свариваемых узлов, уменьшит время настройки, увеличит производительность труда, что приведет к снижению трудоемкости сварочного производства.

Общие сведения

К основным параметрам режима сварки относятся [1]:

- скорость сварки;
- величина, плотность, полярность и род сварочного тока;

- напряжение дуги;
- площадь сечения (диаметр) проволоки (электрода).

Выбор оптимальной скорости сварочного процесса находится в прямой зависимости от толщины металлической заготовки и толщины шва. А оптимальной она будет тогда, когда расплавленный металл электрода заполнит сварочную ванну таким образом, чтобы в месте ее сочленения с кромками металла свариваемого изделия образовался равномерный переход с возвышением без подрезов и наплывов.

В идеале необходимо придерживаться такой скорости движения, чтобы по своей ширине шов оказался в 1,5–2 раза больше диаметра электрода. При излишне медленном перемещении перед его движущимся наконечником будет накапливаться слишком много раскаленного металла. Он будет растекаться из ванны, мешать качественному провару стыка и приведет к образованию дефективного шва.

Если же слишком быстро проводить электрод вдоль стыка, рабочая зона не успеет в достаточной степени прогреться, это обязательно приведет к не проваренному соединению. После охлаждения такой шов может деформироваться и даже потрескаться. Влияние скорости сварки на качество шва показано на рис. 1.

Скорость сварки зависит от толщины свариваемых элементов, качества подготовки свариваемых кромок, размеров поперечного сечения сварного шва и величины сварочного тока. Скорость сварки указывается в технологическом процессе и устанавливается сварщиком. Поэтому возникает необходимость регулирования частоты вращения стола, на который устанавливаются свариваемые детали.



Рис. 1. Влияние скорости сварки на качество шва

Основные технические данные и характеристики поворотного приспособления

Круговую сварку можно осуществлять на поворотном приспособлении как с вертикальной, рис. 2, так и с горизонтальной, рис. 3, осью вращения, поворачивая горелку сварочного аппарата в необходимое положение.

Основные характеристики поворотного приспособления:

- габариты свариваемых сборочных единиц: диаметр: 10–150 мм, высота: 3–250 мм;
- масса свариваемых сборочных единиц: 0,003–1,7 кг;
- усилие сжатия деталей при сварке: 5–50 кг;
- скорость вращения стола: 0,5–30 об/мин;
- имеется возможность плавного изменения скорости вращения с контролем процесса сварки;
- крутящий момент на оси вращения стола: 0,39 кг·м;
- наличие реверса у электродвигателя;
- справочные габаритные размеры поворотного приспособления: 600×430×300 мм.

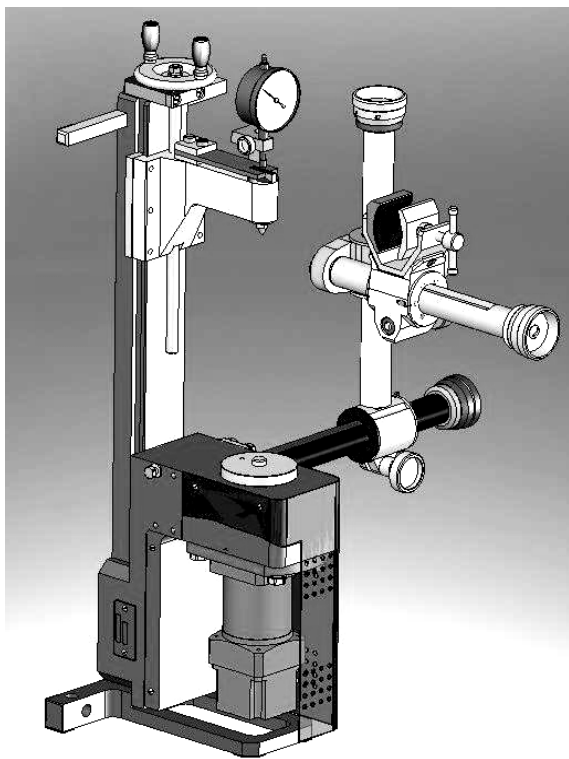


Рис. 2. Сварка на поворотном приспособлении с вертикальной осью вращения

Поворотное приспособление для микроплазменной сварки и дуговой электросварки круговых швов в среде защитных газов – универсальное оборудование для центровки, фиксации и создания поджимающего усилия при сварке. Используется для установки деталей в положение, удобное для сварки и вращения детали с необходимой сварочной скоростью.

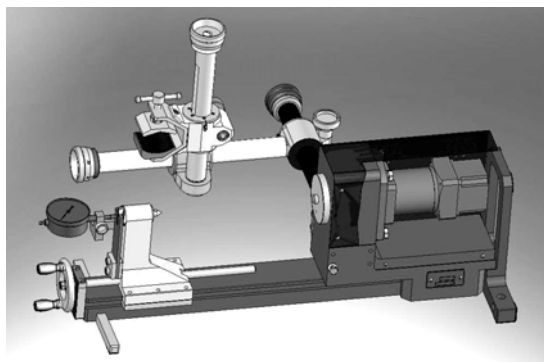


Рис. 3. Сварка на поворотном приспособлении с горизонтальной осью вращения

Система управления двигателем служит для контроля и регулирования скорости вращения стола, на которые устанавливаются свариваемые детали.

Использование поворотного приспособления имеет ряд преимуществ, значительно облегчая и оптимизируя процесс круговой сварки.

Устройство и принцип действия поворотного приспособления

Поворотное приспособление для сварки сконструировано из трех функциональных узлов, механически связанных между собой в одно приспособление, рис. 4. Основным или связующим узлом, на котором закреплены два других, является основание. Основание представляет собой сборочную единицу, состоящую из корпуса, в который устанавливается вращающийся стол, мотор-редуктор и направляющая, по которой перемещается опора. Данная опора, второй основной элемент приспособления, является поджимным устройством для свариваемого узла. В верхнюю часть опоры устанавливается вращающийся элемент – центр. Детали, которые необходимо сварить, устанавливаются между столом и центром, далее происходит сжатие с усилием, оговоренным в КД на свариваемые детали.

При воздействии на маховик, вращательное движение передается винту, а он в свою очередь преобразовывает круговое движение в поступательное движение опоры. При перемещении опоры толкает с одной стороны центр, зажимая изделие, а с другой стороны с точно такой же силой центр воздействует на пластинчатую пружину и перемещает ножку индикатора часового типа, жестко закрепленного на опоре. Таким образом, индикатор фиксирует значение перемещения пружины. Так как пружина предварительно оттарирована (согласно паспорту на приспособление, в котором перемещение пружины соответствует определенному усилию), следовательно, можно определить силу, с которой происходит сжатие деталей при сварке.

Третьим основным элементом приспособления является горелкодержатель. Он служит для фиксации сварочной горелки. Конструкция горелкодержателя позволяет перемещать горелку в пространстве по всем координатам.

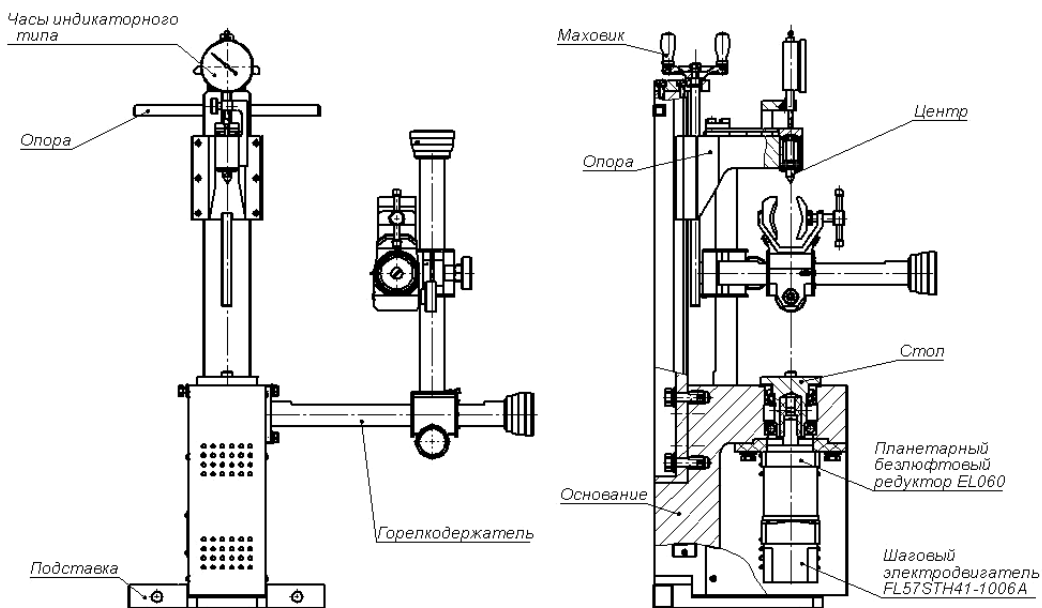


Рис. 4. Устройство поворотного приспособления

При включении электродвигателя стол начинает вращаться, поворачивая свариваемые детали. Система управления двигателем позволяет регулировать частоту оборотов стола, перемещая детали с нужной сварочной скоростью. Это позволит точно и качественно производить сварку.

Расчет основных элементов конструкции

Определение крутящего момента и выбор мотор-редуктора

Мощность, необходимая для преодоления инерционных нагрузок находим как [2]:

$$N = M_{KP} \cdot \omega,$$

где M_{KP} – крутящий момент, $H \cdot м$; $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$, $с^{-1}$ – угловая скорость.

$$M_{KP} = M_{ИН} + M_{ТР}, H \cdot м,$$

где $M_{ИН}$ – сумма моментов инерций всех материальных точек, которые участвуют в движении, $M_{ТР}$ – момент на преодоление силы трения, $H \cdot м$, $n = 30$ об/мин – примерная частота вращения выходного вала мотор – редуктора, тогда

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 30}{30} = 3,14 \text{ с}^{-1}.$$

Время цикла: $\tau = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = 2$ сек (то есть за 2 секунды выходной вал мотор – редуктора делает 1 оборот).

Моменты инерции $M_{ИН}$ вращающихся частей определим в САПР Компас 3D.

Момент инерции стола – $J_1 = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Оснастка, если потребуется зажимать нестандартные детали:

Стальная деталь-переходник для упора в центр:

$$J_2 = 0,007 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Стальная деталь-переходник для упора в стол:

$$J_3 = 0,008 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент инерции изделия рассчитаем, исходя из исходных данных на свариваемые изделия:

$$J_4 = 0,008 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Так как все вращающиеся узлы и детали имеют одинаковую угловую скорость и ускорение, то общий момент инерции, приведенный к валу электродвигателя, найдем как:

$$M_{ИН} = \sum J_i = 0,023 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

$M_{ТР}$ – момент на преодоление силы трения найдем как

$$M_{ТР} = F \cdot \mu \cdot \frac{L}{2},$$

где F – усилие сжатия деталей при сварке и масса свариваемых изделий с переходной оснасткой, рис. 5

$$F = 50 + 8 = 58 \text{ кг};$$

$\mu = 0,05$ – коэффициент трения качения в подшипнике.

$L = 40$ мм – расстояние между опорами подшипника, рис. 5.

$$\text{Тогда } M_{ТР} = 58 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,04}{2} = 0,06 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$M_{KP} = M_{ИН} + M_{ТР} = 0,023 + 0,06 = 0,083 \text{ кг} \cdot \text{м}$ или

$M_{KP} = 8,3 \text{ кг} \cdot \text{см}$ или $M_{KP} = 0,83 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Тогда потребляемая мощность электродвигателя должна быть:

$N = M_{KP} \cdot \omega = 0,83 \cdot 3,14 = 2,6$ Вт.

Следовательно, требуемая мощность двигателя:

$$N_{ЭТР} = \frac{N}{\eta_{общ}} = \frac{2,6}{0,9} = 2,9 \text{ Вт}$$

где $\eta_{общ} = \eta_M \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{ред} = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 0,9$;
 $\eta_{общ}$ – общий КПД привода; η_M – КПД соединительной муфты; η_{II} – КПД подшипников качения; $\eta_{ред}$ – КПД редуктора.

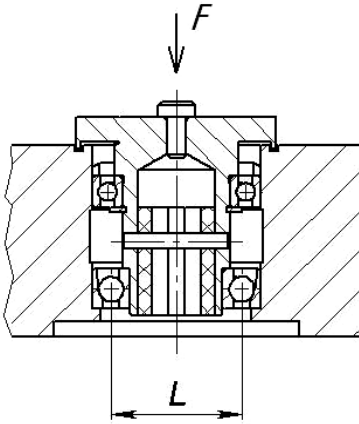


Рис. 5. Схема действия силы F на опору стола

Исходя из полученного значения крутящего момента, выбираем шаговый электродвигатель FL57STH41-1006A. Двигатель поставляет компания «НПФ Электропривод» [4].

Шаговый электродвигатель – это электромеханическое устройство, преобразующее сигнал управления в угловое перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении. Современные шаговые двигатели являются, по сути, синхронными двигателями без пусковой обмотки на роторе, что объясняется частотным пуском шагового двигателя. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора. Отличительная особенность шаговых двигателей – это возможность осуществлять позиционирование без датчика обратной связи по положению.

Шаговые двигатели относятся к классу бесколлекторных двигателей постоянного тока. Как и любые бесколлекторные электрические машины, они имеют высокую надежность и большой срок службы, что позволяет использовать их в промышленных применениях.

Характеристики шагового электродвигателя приведены в таблице.

Характеристики шагового электродвигателя

Наименование электродвигателя	Крутящий момент, кг·см	Длина, мм	Вес, кг
FL57STH41-1006A	3,9	41	0,45

Так как требуется крутящий момент $M_{КР} \geq 8,3 \text{ кг} \cdot \text{см}$, то для стабильной и надежной работы приспособления, установим к данному двигателю редуктор, который рекомендует компания «НПФ Электропривод». Редуктор EL060 данной компании предназначен для применения в приводах различных машин и механизмов, для снижения угловых скоростей ведомого вала с целью повышения крутящих моментов.

Выберем редуктор EL060 с передаточным отношением $U_{ред} = 10$. Следовательно, двигатель с редуктором будут создавать крутящий момент

$$M_{КР} = 3,9 \cdot 10 = 39 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$39 \text{ кг} \cdot \text{см} > 8,3 \text{ кг} \cdot \text{см}$, значит нагрузка меньше, чем номинальный крутящий момент выходного вала мотор-редуктора.

Следовательно, выбранный мотор-редуктор будет преодолевать возложенную на него нагрузку.

Расчет пластинчатой пружины изгиба

Для определения силы сжатия свариваемых деталей, в приспособление присутствует специальная пластинчатая пружина изгиба, рис. 6. В работе пружина испытывает многократные переменные нагрузки. Под действием нагрузки пружина упруго деформируется, а после прекращения действия нагрузки восстанавливает свою первоначальную форму и размеры. Особенностью работы является то, что при значительных статических и ударных нагрузках она должна испытывать только упругую деформацию, остаточная деформация не допускается.

Произведем расчет такой пружины, чтобы определить размеры сечения и деформацию [3].

Исходные данные:

– максимальная сила, с которой центр толкает пружину: $P_p = 50 \text{ кг} \approx 500 \text{ Н}$,

– длина пружины $L_0 = 65 \text{ мм}$, примем конструктивно.

Необходимо найти размеры сечения пружины b , s и деформацию пружины F_p при действии силы P_p .

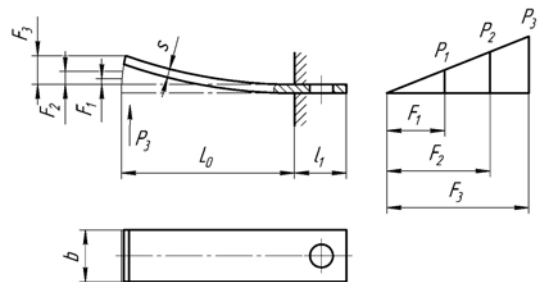


Рис. 6. Пластинчатая пружина изгиба: F_1, F_2, F_3 – деформации пружины, мм, при нагрузке соответственно P_1, P_2, P_3 ; L_0 – длина пружины, мм; P_1, P_2 – рабочие нагрузки, Н; P_3 – максимально допустимая нагрузка на пружину, Н; $[\sigma_{из}]$ – допустимое напряжение при изгибе, МПа; E – мо-

дуть

упругости (для стали 210000 МПа)

Берем холоднокатаную ленту из стали 65Г с допускаемым напряжением при изгибе $[\sigma_{из}] = 700$ МПа.

Толщину пружины s по конструктивным соображениям принимаем $s = 4$ мм, тогда ширина пружины:

$$b = \frac{6 \cdot P_P \cdot L_0}{s^2 \cdot [\sigma_{из}]} = 17,4 \text{ мм.}$$

Принимаем конструктивно $b = 25$ мм.

Определим максимально допустимую деформацию:

$$F_3 = \frac{2 \cdot L_0^2 \cdot [\sigma_{из}]}{3 \cdot s \cdot E} = 2,34 \text{ мм.}$$

Определим максимальную деформацию при действии силы $P_P = 500$ Н :

$$F_P = \frac{4 \cdot L_0^3 \cdot P_P}{s^3 \cdot b \cdot E} = 1,63 \text{ мм.}$$

Отсюда видно, что деформация пружины F_P при рабочей нагрузке не превышает максимально допустимую деформацию F_3 , поэтому пружина с такими расчетными геометрическими параметрами будет работать в области упругой деформации, что и требуется.

Заключение

Спроектированное технологическое оборудование позволяет осуществлять сварку круговых швов конструкций, как с вертикальной, так и с горизонтальной осью вращения.

Принципиальная новизна поворотного приспособления по сравнению с предыдущими образцами

заключается в использовании мотор – редуктора с системой управления скоростью вращения шпинделя, что позволяет обеспечить плавную регулировку скорости сварки и ее контроль. Выполнена электрическая изоляция между электродвигателем и высокими токами сварочного аппарата, что исключает протекание высокого сварочного тока в сотни ампер через электродвигатель, что обеспечивает увеличение срока службы электродвигателя и безопасное управление процессом сварки.

Сила сжатия деталей при сварке (5–50 кг) достигнута применением специальной пластинчатой пружины, которая вместе с индикаторными часами позволяет измерить нагрузку на свариваемые детали.

Применение данного оборудования позволит увеличить качество свариваемых узлов, уменьшит время настройки, увеличит производительность труда, что приведет к снижению трудоемкости сварочного производства.

Литература

1. Геворкян В. Г. Основы сварочного дела: Учебник для строит. спец. техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. 168 с.
2. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998. 447 с.
3. Золин И. М., Зыбкин В. В. Справочник конструктора, в 2-х т. – Н. Новгород: Изд-во «Вента-2», 2003. т. 2. 501 с.
4. Каталог «НПФ Электропривод» Санкт-Петербург, 2015 г.