Министерство образования Российской Федерации

Кафедра «»

**Реферат**

**Тема: «Сварка барабана роторной жатки комбайна на роботизированном технологическом участке сборки»**

Выполнил:

Группа:

Проверил:

**Содержание**

Введение

Структура роботизированного технологического участка

Устройство и работа РТК-1

Устройство и работа РТК-2

Устройство и работа РТК-3

Выводы

Литература

**Введение**

В современных зерноуборочных машинах высокие требования к точности узлов основных агрегатов, ответственных за их технологические характеристики, обусловлены необходимостью достижения максимальной производительности, качества обмолота и снижения потерь зерна.

Роторная жатка ЖР-3500 (рис.1) является скашивающим агрегатом кормоуборочного комбайна Дон-680. Два барабана, вращающиеся встречно со скоростью 2 об/с, подают стебли под ножи дисковых роторов, вращающихся соосно с барабанами со скоростью 4 об/с. Срезанные стебли подаются в приемную камеру и далее в измельчитель комбайна.

Барабан диаметром 1600 мм (рис.2) представляет собой сварную обечайку, образованную четырьмя царгами — стенками 1. Жесткость обечайке придают три кольцевых пояса I, II, III, каждый из которых состоит из четырех сегментов 2, сваренных между собой встык. Фланец 3, на который барабан устанавливается в жатке, соединен с поясами четырьмя спицами 4 и четырьмя связями 5. Перечисленные детали образуют остов барабана 6, к нижнему торцу которого приварены восемь секций съемника 7, а по высоте цилиндрической поверхности обечайки распределены два кольцевых пояса зубчатых сегментов 8, 9 и два пояса гребенок 10и11. Левый и правый барабаны по конструкции являются зеркальным отражением друг друга.

Четыре царги толщиной 3 мм сварены между собой встык односторонними внутренними швами. Каждый пояс I, II, III приварен к обечайке прерывистыми односторонними угловыми швами 100/200 мм, катетом 5 мм. Съемники толщиной 7 мм приварены к нижнему поясу по периметру барабана внахлестку двумя прерывистыми швами 75/150 мм, катетом 5 мм. Зубчатые сегменты толщиной 5 мм и гребенки толщиной 6 мм устанавливаются на обечайке выступами в щелевые отверстия и образуют прорезные сварные соединения, выполняемые изнутри барабана. Соединения спиц и связей с поясами — тавровые односторонние, а с фланцем — нахлесточные, катетом 4 мм. При изготовлении барабана выполняют 356 швов общей протяженностью 21 м.

Захват и подача срезанных стеблей в приемную камеру возможны благодаря тому, что зубья гребенок и сегментов при вращении входят в соответствующие прорези в боковых стенках приемной камеры. Этим и обусловлены жесткие требования к геометрии барабана:

* радиальное биение обечайки не более 2 мм (во избежание контактирования со стенками барабана и приемной камеры)
* торцевое биение плоскости съемников не более 2 мм (во избежание касания ротора);
* биение плоскостей сегментов и гребенок относительно плоскости съемника не более 2 мм (во избежание заклинивания зубьев в пазах стенок приемной камеры);
* отклонение от параллельности привальной плоскости фланца относительно плоскости съемников не более 0,8 мм.

Очевидно, что выдержать при сварке столь жесткие допуски для тонкостенной листовой конструкции диаметром 1600 мм, имеющей такое количество сварных швов, является сложной технической задачей.

Структура роботизированного технологического участка

В процессе подготовки производства жатки на заводе АО «Ростельмаш» первоначально были созданы технологический процесс и сборочно-сварочная оснастка, предусматривающая применение полуавтоматической сварки в среде углекислого газа. В кондукторе сваривали из сегментов три кольца жесткости, на которые затем в другом приспособлении базировали четыре стенки, обжимая их снаружи. В третьем приспособлении в полученный барабан устанавливали и приваривали спицы, связи и фланец, центрируя их относительно обечайки. После этого, поворачивая остов на вращателе, устанавливали и приваривали зубчатые сегменты, гребенки и съемники, не пользуясь оснасткой. В результате применения такой технологии брак по геометрическим параметрам составлял около 40 %, из них половина — брак неисправимый. Для уменьшения биений использовали механическую правку и наложение холостых валиков на связи. Обмер партии барабанов показал, что нарушения формы имеют случайный характер, что свидетельствовало об отсутствии систематической погрешности при сборке и нестабильности технологического процесса. Значения катетов, длины отдельных швов и порядок их наложения имели существенные отклонения от регламентированных. В результате объем последующих доводочных работ при испытании собранной жатки на обкаточном стенде втрое превышал длительность самой обкатки. Возникшая в производстве ситуация потребовала создания стабильной технологии сборки и сварки барабана, обеспечивающей его проектную точность. В связи с этим был проведен анализ технологичности конструкции барабана с целью оценки возможности роботизации процесса его сварки.

Вследствие значительных экономических потерь от брака главной целью создания технологии роботизированной сварки является получение конструкции, отвечающей требованиям проектной документации прежде всего в отношении точности и стабильности геометрии, а также качества сварных соединений. В данном случае, по-видимому, справедлив тезис Г. Гердена о том, что применение роботов как средств автоматизации следует предусматривать не там, где их можно использовать, а там, где без них нельзя обойтись.

При разработке новой технологии изготовления барабана с помощью роботов исходили из следующих соображений. Очевидно прежде всего, что выполнение всех швов на полностью собранном барабане невозможно без использования манипулятора. Однако габаритные размеры и масса изделия (245 кг) требуют позиционера большой грузоподъемности, точность позиционирования которого не может удовлетворить условиям применения роботизированной сварки. К тому же общее количество швов таково, что объем памяти робота, необходимый для их выполнения, намного превосходит возможности последнего. Совместная работа внутри барабана двух роботов проблематична, так как развести во времени и в пространстве траектории их горелок (избежать столкновений) в столь ограниченном пространстве практически невозможно.

Таким образом, с одной стороны, очевидна необходимость расчленения изделия на отдельные технологические узлы, с другой стороны, высокая проектная точность конструкции требовала такой схемы расчленения, при которой узел, определяющий точность всего изделия, должен быть изготовлен в одном кондукторе, тем более что отсутствие переустановок изделия уменьшает возможные отклонения электрода от оси стыка и тем самым повышает качество сварных соединений. Указанные выше взаимоисключающие требования заставили искать определенный компромисс при создании новой технологии.

Варианты расчленения на сборочные единицы анализировали с помощью системы РОБОМАКС для определения доступности для робота и досягаемости им всех швов. В результате анализа был принят следующий вариант. Изготовление барабана осуществляется на трех РТК. На первом из них (РТК-1) спицы 4 и связи 5 приваривают к отдельным сегментам, при этом образуется по две сборочные единицы Т-1 и Т-2 (см. рис.2) для левого и правого барабанов.

На втором комплексе (РТК-2) изготовляют остовы левого и правого барабанов, образуя их из стенок, сегментов, узлов Т-1, Т-2 и фланца. При условии стационарности стенда выполнение всех сварных швов в нижнем положении возможно только при вертикальном расположении оси барабана. Робот, установленный на полу и расположенный вплотную к двум стоящим

рядом сварочным стендам, обслуживает их поочередно. Анализ доступности для горелки сварных швов, выполняемых на данной позиции, показал, что на полностью собранном остове около 25 % швов оставались недоступными. Поскольку дальнейшее расчленение на сборочные единицы не целесообразно, было решено воспользоваться методом последовательного наращивания, чередуя сборочные и сварочные операции. Моделирование такого процесса подтвердило его приемлемость. Детально он будет рассмотрен ниже.

Сваренные остовы левого и правого барабанов поступают на третий роботизированный комплекс (РТК-3), где на двух стендах производится приварка съемника, гребенок и сегментов. Для сварки всех швов в нижнем положении ось барабана, относительно которой кантуется изделие, располагается горизонтально. Робот находится между стендами и обслуживает их поочередно. В то время как на одном стенде робот производит сварку, на другом стенде ведется сборка. Анализ доступности швов показал, что за одну установку можно сварить четверть всего количества швов при условии, что часть их будет располагаться на цилиндрической поверхности под углом к горизонту, достигающим 40°. Таким образом, на стенде осуществляется четырехкратное позиционирование изделия с поворотом на 90° вокруг горизонтальной оси.

Все три РТК технологически взаимосвязаны, что предполагает объединение их в организационно самостоятельное производственное подразделение. Предварительные технико-экономические расчеты показали, что существенные различия длительности сборочно-сварочных операций на отдельных РТК делают нецелесообразным создание автоматической линии сварки барабана с единой системой управления. Поэтому решено было организовать роботизированный технологический участок, объединив отдельные РТК общей механизированной транспортной системой с накопителями между ними. Для левого и правого барабанов необходимо было предусмотреть два отдельных грузопотока со своим технологическим оборудованием.

Учитывая сложность и высокую точность узлов и изделия в целом и значительность потерь от возможного брака, был проведен статистический контроль качества деталей, поступающих на участок. Результаты показали, что для сегментов, спиц и связей, получаемых контурной вырубкой на прессах, а также для фланцев, проходящих токарную обработку, брак не превышает 2 %. Стенку получали контурной вырубкой с последующей гибкой на прессе. При такой технологии брак достигал 50 %, основным дефектом было отклонение от проектного значения радиуса гибки стенки. Местные недогибы или перегибы на базе 150...200 мм вызывали неприлегание стенки к сег­ментам. Зазоры в местах наложения швов достигали 3 мм, что не только не позволяло выполнить качественный шов, но и вызывало недопустимое радиальное биение барабана. Это потребовало усовершенствования технологии изготовления стенки, а в состав участка пришлось ввести специализированное рабочее место для 100 %-ного входного контроля ее геометрических размеров. Браковочным признаком являлся зазор более 1,4 мм, остающийся между стенкой и сегментом после их закрепления в специальном приспособлении. Кроме того, на участке были организованы рабочие места для 100 %-ного контроля геометрии остова барабана и место контроля и исправ­ления брака готовой продукции.

Решение вопросов организации грузопотока и компоновки отдельных РТК позволило приступить к разработке технологического процесса, технических заданий и проектированию технологического оборудования.

Устройство **и** работа РТК-1

Поскольку технологические узлы левого и правого барабанов являются зеркальным отражением друг друга, соответственно такими же являются и приспособления для их сборки. На одном приспособлении собираются узлы Т-1 левого и Т-2 правого барабанов, на другом — соответственно Т-2 левого и Т-1 правого барабанов (см. рис. 2).

Схема одного из приспособлений показана на рис. 3. На плоской раме 1 закреплены опоры с установочными пальцами 2. Сегмент 3 устанавливают на два пальца и закрепляют двумя клиновыми 4 и дуговыми 5 прижимами.

На сегмент устанавливают спицу 6 (для Т-1) или связь 7 (для Т-2), фиксируют с помощью съемных пальцев 8 и прижимают дуговым прижимом 9. В месте приварки к сегменту наклонно расположенная связь заканчивается гибкими усиками, которые при транспортировке деталей часто деформируются. Для придания им перед сваркой положения, заданного чертежом, служит откидной клинообразный фиксатор 10, который в рабочем положении распирает усики до одного и того же размера, независимо от их начальной деформации. Этим достигается точность попадания конца электрода на линию стыка деталей, а значит — получение качественного шва при сварке роботом.

Наличие в приспособлении той или иной детали, правильность ее положения и качество закрепления фиксируют индукционные датчики положения 11. Они же формируют для системы управления РТК код, по которому робот распознает готовность к сварке того или иного узла в определенном приспособлении и вызывает соответствующую сварочную подпрограмму.

 Расположение оборудования РТК-1 показано на рис. 4. Приспособления 1 и 2 размещены попарно на двух столах 3, которые обслуживает робот 4 типа IR-161/15. Между столами установлено устройство 5 для очистки горелки робота. Каждое рабочее место имеет отдельный пульт управления б. Вблизи пультов расположены стойка 7 системы управления роботом RC20/41 и источник 8 питания сварочным током типа SGL300IR. Перед столами установлены полы безопасности 9. Каждая зона сборки имеет места 10 складирования и стеллажи-накопители 11 для готовых узлов.

Оператор-сборщик собирает на двух приспособлениях левого стола узлы Т-1 и Т-2 левого барабана, нажимает кнопку «Старт» левого пульта и переходит к правому столу. Робот поочередно анализирует коды приспособлений и, если сборка произведена правильно, выполняет сварку узлов по соответствующей подпрограмме. Затем робот и оператор обмениваются рабочими местами и все операции повторяются вновь.

Устройство и работа РТК-2

Наиболее сложным и точным технологическим узлом в составе барабана является его остов. Отклонения от правильной геометрической формы, полученные при его изготовлении, лимитируют точность изготовления барабана. Поэтому, приступая к проектированию сборочного кондуктора, сформулируем основные требования к нему:

• кондуктор должен быть стационарным;

* кондуктор должен обеспечивать изготовление остова при вертикальном расположении его оси;
* установка деталей, ответственных за точность остова барабана (стенок и фланца), должна осуществляться по базовым элементам приспособления, а не по другим деталям;
* точность позиционирования деталей в узле должна быть достаточной для выполнения роботом качественных сварных соединений;
* жесткость кондуктора должна более чем на порядок превышать жесткость собираемого узла;
* конструкция кондуктора и порядок сборки должны обеспечивать доступность для горелки робота всех сварных швов;
* базовые элементы должны быть регулируемыми, а усилия прижимов — достаточным, чтобы обеспечить фиксацию деталей в заданном положении независимо от отклонений их формы;
* кондуктор должен иметь систему контроля качества сборки узла, включенную в систему управления РТК и содержащую элементы, исключающие неправильную установку деталей;
* время сборки узла в кондукторе не должно превышать время его сварки роботом.

В соответствии с этими требованиями процесс изготовления остова был расчленен на три этапа (см. рис. 1):

этап 1 — сборка и сварка обечайки и нижнего пояса сегментов;

этап 2 — сборка и сварка среднего пояса сегментов, образованного четырьмя узлами Т-1, и приварка его к центральному фланцу;

этап 3 — сборка и сварка верхнего пояса сегментов, образованного четырьмя узлами Т-2, и приварка его к фланцу.

Высокие требования к точности барабана и необходимость свободного доступа горелки робота к сварным швам внутри барабана обусловили выбор системы базирования стенок по наружной поверхности и прижатия их к базам магнитными силами. Аналогичным образом должен фиксироваться фланец — наиболее ответственный элемент, точность установки и неизменность положения которого в процессе сварки определяют торцевое и радиальное биение остова. Технологические узлы Т-1 и Т-2 в данном случае играют роль связующих элементов. В связи с трех-этапностью процесса сборки их положение внутри барабана необходимо было задать специальной съемной оснасткой, а базировать — по стенкам и фланцу. Схема базирования деталей, отражающая перечисленные требования, показана на рис. 5.

В соответствии с техническим заданием были созданы автоматизированные магнитные кондукторы, конструкция которых реализует приведенную схему базирования. Схема кондуктора дана на рис. 6. Основными его узлами являются: основание 1; плита опорная 2; концевые 3, основные 4 и центральные 5 магнитные модули; замыкатель 6 обечайки с фиксаторами 7; пульты 8 управления секциями; центральный пульт управления 9; прижимы вертикальные 10 и горизонтальные 11; проставки малые 12 и большие 13; панель 14 пневматических агрегатов.

На прямоугольном основании 1 установлена опорная плита 2 — основной несущий элемент кондуктора. Верхняя плоскость плиты обработана механически с отклонением от плоскостности не более 1 мм. На диаметре 1500 мм расположены шестнадцать линейных опор 15, задающих плоскость опирания остова. Наиболее ответственными узлами кондуктора, от которых зависит точность изготовления остова, являются стойки с магнитными модулями, расположенные по периметру кондуктора, и блок центральных магнитных модулей, фиксирующих фланец. Двадцать магнитных модулей сгруппированы в четыре секции. Каждая секция содержит два концевых 3 и три основных 4 модуля, закрепленных в соответствующих стойках. Положение модулей в стойках может регулироваться путем плоскопараллельного радиального перемещения, а также поворотов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для регулировки используется система направляющих и конических упоров, перемещающихся с помощью эксцентриков.

Принцип действия всех управляемых постоянных магнитных модулей одинаков и основан на взаимодействии магнитных полей перемагничиваемых и неперемагничиваемых постоянных магнитов, объединенных в модуль. Соотношение магнитных полей этих магнитов определяет одно из двух состояний модуля: активное и пассивное.

Управление магнитным потоком перемагничиваемого магнита осуществляется с помощью охватывающей его катушки. Для приведения модуля в активное состояние на катушку подается импульс постоянного напряжения, доводящий материал магнита до состояния магнитного насыщения. При этом полярность импульса такова, что магнитные потоки обоих постоянных магнитов складываются, направляются в прилегающую к ним деталь и практически полностью в ней замыкаются. Суммарное магнитное поле, удерживающее деталь, остается практически неизменным более 10 сут.

Для перевода модуля в пассивное состояние на катушку перемагничиваемого магнита подается электрический импульс обратной полярности. Магнитные потоки обоих магнитов взаимно компенсируются, и сила, удерживающая деталь, становится близкой к нулю.

В модуль каждого магнита встроены датчики силы удержания детали и плотности ее прилегания к полюсам. При полном прилегании стенки к магнитам, расположенным по наружному контуру остова барабана, сила удержания каждого модуля равна 2 кН. Усилие, развиваемое блоком центральных магнитов, удерживающих фланец, достигает 1 кН.

Левая половина стоек модулей закреплена на плите неподвижно, с тем, чтобы рабочие поверхности полюсных наконечников образовывали цилиндрическую поверхность диаметром 1514 мм (наружный диаметр остова), перпендикулярную плоскости плиты. Остальные стойки закреплены на подвижном сегменте 16% который скользит по плите, поворачиваясь вокруг оси 17. При замыкании происходит обжатие обечайки в тангенциальном направлении и смыкание торцевых кромок стенок. Механизм замыкания приводится в движение пневматическим цилиндром и удерживается в заданном положении тремя фиксаторами 7. Контроль за работой механизмов замыкателя осуществляется с помощью индукционных датчиков приближения.

Управление магнитными модулями каждой секции осуществляется с отдельных пультов 8, установленных по периферии кондуктора, управление центральными магнитными модулями и замыкателем — с центрального пульта 9. Здесь же находятся блок связи с системой управления РТК и блоки питания.

Если от точности фиксации в кондукторе обечайки и центрального фланца зависит в основном геометрия остова, то качество сварных соедине­ний, выполняемых роботами, определяется точностью и стабильностью фиксации положения деталей, ими соединяемых. Достижению последней цели служит дополнительная стационарная или съемная оснастка, которой оборудован кондуктор.

На 1-м этапе сегменты нижнего пояса укладывают на опоры 15, базируя каждый технологическим отверстием на один палец 18, прижимают к обечайке эксцентриком 19, а к опорам сверху прижимами 10, через малые 12 и большие 13 проставки. Усилие прижатия достаточно, чтобы устранить неплоскостность сегментов, обусловленную контурной вырубкой по криволинейным поверхностям. Благодаря этому отклонения линии сопряжения деталей не превышают допустимого значения для угловых швов данного размера (для катета шва 5 мм это значение составляет +1,2 мм при зазоре не более 1,5 мм). Цикл сварки начинается с постановки роботом на каждом стыке стенок двух прихваток, придающих обечайке кольцевую жесткость. Затем производят приварку сегментов к обечайке прерывистыми швами и в последнюю очередь на медной подкладке выполняют 20 стыковых швов, соединяющих сегменты между собой.

На 2-м этапе большие проставки удаляют, а на малые устанавливают четыре узла Т-1, базируя их сегментами на обечайку, а спицами на цилиндрические упоры 21 и подпружиненные пяты 22. На центральные магнитные модули укладывают фланец, базируя его по оправке 23, и фиксируют, переводя магниты в активное состояние. На сегменты узлов Т-1, образующие второй пояс жесткости, устанавливают большие проставки и прижимают ими пояс к малым проставкам с помощью прижимов 10. Робот сначала приваривает сегменты к обечайке, затем сваривает их между собой и лишь после этого приваривает спицы к фланцу. Опыт показал, что указанный порядок выполнения швов должен строго выдерживаться. В этом случае поперечная усадка швов, соединяющих сегменты с обечайкой, протекает беспрепятственно и не может вызвать отрыв стенки от магнитов. Увеличение зазоров между сегментами, вызванное некоторым их смещением от центра, не превышает допустимого значения для стыковых соединений деталей толщиной 6 мм. Нахлесточное соединение фланца и спицы, которое выполняется в последнюю очередь, практически исключает воздействие сварочных деформаций ранее выполненных швов на радиальное и торцевое биение остова барабана. Швы на фланце должны выполняться в диаметрально противоположных местах и без остановки робота. В противном случае усадка швов приводит к появлению биения остова барабана, превышающего допус- тимое. При сварке роботом выполнение описанного порядка наложения швов гарантировано.

На 3-м этапе откидывают прижимы 10, устанавливают цилиндрические упоры 21 и на большие проставки укладывают четыре узла Т-2, базируя их сегментами на обечайку, а связями — на фланец и цилиндрические упоры. Сегменты прижимают к проставкам вертикальными 10, а к обечайке горизонтальными 11 прижимами. При отработке технологии сварки остова возникли трудности с выполнением угловых сварных соединений сегментов с обечайкой. Вследствие малой толщины стенки металл иногда стекал по ее наружной поверхности, и формирование шва было неустойчивым. Конструкцию сварного соединения изменили, «утопив» сегменты на 4 мм и превратив тем самым угловое сварное соединение в тавровое. Качество таких соединений значительно улучшилось. Для гарантированного прижатия связи к фланцу использовали упругость сегментов. Для этого при сборке узлов Т-2 несколько увеличили угол между связью и плоскостью сегмента. Упруго деформируя последний прижимами 10, возвращали узлу Т-2 требуемую геометрию и обеспечивали прижим конца связи к фланцу. При сварке верхнего пояса влияние поперечной усадки швов усугублялось возможностью появления не только радиального, но и торцевого биения, так как усадочные силы могли действовать под острым углом к оси остова. Для повышения точности размеров в этом случае также соблюдали описанный выше порядок выполнения швов.

По окончании сварки все магниты переводят в пассивное состояние, прижимы откидывают и проставки извлекают из остова. В целях исключения их заклинивания в результате действия сварочных деформаций они были выполнены «ломающимися». Выключив фиксаторы, подвижный сегмент с магнитными модулями отводят от остова и извлекают из кондуктора с помощью тельфера.

Система управления кондуктором связана датчиками и конечными выключателями с системой управления комплексом, основу которой составлял компьютер робота. Как и в предыдущем случае, РТК-2 имеет два идентичных пульта управления для кондукторов левого и правого барабанов. Алгоритм управления РТК построен таким образом, что при запуске с одного из пультов робот обращается к программе соответствующего кондуктора, определяет, какой из трех этапов сварки надлежит выполнить, и контролирует все параметры готовности сварочной оснастки и кондуктора. Если хотя бы на одном из магнитных модулей усилие удержания оказывается ниже нормы, деталь недостаточно плотно прилегает к полюсным наконечникам, замыкатель не полностью обжимает обечайку, робот не начинает сварку, а на пультах кондуктора появляются соответствующие сигналы, то на дисплее стойки управления появляется сообщение о причинах отказа. После их уст ранения робот выполняет требуемый этап сварки и запоминает его для каждого из кондукторов. Очистка горелки осуществляется программно после каждого сварочного цикла или по команде оператора с пульта управления.

Организуя роботизированный комплекс РТК-2 (рис. 7), два кондуктора 7 и 2 (для левого и правого барабанов) установили рядом и между ними вплотную — робот 3, поочередно обслуживающий оба кондуктора. В непосредственной близости расположили устройство 4 для зачистки горелки, стойку 5 системы управления, источник 6 питания сварочным током.Сборочные места ограждены полами безопасности 7, которые работают так, что при попадании человека на них сварка прекращается. Для защиты человека во время сборки от нештатного перемещения робота в его сторону между кондукторами установили стойку 8 с аварийными выключателями. Защита срабатывает при отклонении верхнего конца стойки в любую сторону от вертикали более чем на 10 мм. Дальнейшее выполнение программы инициируется либо со стойки робота, либо с пультов 9 управления. Тельфер 10 обслуживает оба кондуктора и перемещает сваренные остовы в накопитель 11.

Организуя роботизированный комплекс РТК-2 (рис. 7), два кондуктора 7 и 2 (для левого и правого барабанов) установили рядом и между ними вплотную — робот 3, поочередно обслуживающий оба кондуктора. В непосредственной близости расположили устройство 4 для зачистки горелки, стойку 5 системы управления, источник 6 питания сварочным током. Сборочные места ограждены полами безопасности 7, которые работают так, что при попадании человека на них сварка прекращается. Для защиты человека во время сборки от нештатного перемещения робота в его сторону между кондукторами установили стойку 8 с аварийными выключателями. Защита срабатывает при отклонении верхнего конца стойки в любую сторону от вертикали более чем на 10 мм. Дальнейшее выполнение программы ини­циируется либо со стойки робота, либо с пультов 9 управления. Тельфер 10 обслуживает оба кондуктора и перемещает сваренные остовы в накопитель 11.

Кроме того, в составе РТК-2 предусмотрены приспособление 12 для контроля качества стенки, стеллажи 13—17 для деталей и узлов, входящих в остов барабана, и верстак 18.

Анализ качества сварки показал, что количество дефектных сварных соединений не превышало 5 % от их общего числа на данном узле. РТК-2 обслуживает один оператор-сборщик.

Устройство и работа РТК-3

В соответствии с принятой разбивкой на технологические узлы (см. рис. 1) для завершения изготовления барабана к его остову необходимо приварить четыре пояса зубчатых сегментов и гребенок и по торцу — пояс съемников. При этом в силе остаются жесткие требования к точности геометрии барабана. В соответствии с чертежом основной базовой поверхностью узла является плоскость, образованная восемью секциями съемника, прилегающими к нижнему торцу остова. В конечном счете все допуски на биения барабана заданы относительно этой плоскости, параллельно которой располагаются пояса гребенок, сегментов, а также вращающийся ротор жатки.

Из 150 сварных швов, выполняемых на данной позиции, две трети составляют прорезные швы, прикрепляющие сегменты и гребенки к остову и расположенные внутри него. Проект предусматривал конструкцию сварного соединения, показанную на рис. 8 а. Очевидно, что такое соединение нетехнологично по нескольким причинам. Во-первых, последовательное выполнение двух угловых швов неизбежно вызовет остаточную деформацию, нарушающую перпендикулярность относительно стенки.

Учесть такое отклонение при установке детали в стенде сложно. Во-вторых, доступ к одному из двух швов затруднен даже при использовании полуавтоматической сварки. Предварительные технологические эксперименты показали, что, уменьшив высоту выступа, входящего в прорезь стенки, можно перейти к конструкции сварного соединения, показанной на рис. 8 б. По прочности

и объему наплавленного металла такой шов, сходный с электрозаклепочным, не уступает проектному, а по величине деформаций вследствие сварки выгодно отличается от него.

Расположение прорезей на четырех стенках остова идентично, поэтому сварка прорезных швов по всему периметру обечайки выполняется при четырехкратном позиционировании узла с поворотом его на 90° относительно горизонтально расположенной оси барабана. Необходимыми условиями для этого являются доступность для горелки всех швов, достаточная повторная точность позиционирования и получение качественных соединений на наклонной поверхности стенок.

Моделирование ситуации с помощью системы РОБОМАКС показало, что все швы оказываются доступными при отклонении оси горелки от нормали к стенке на угол до 45°. Предварительные эксперименты по сварке с таким углом наклона показали, что в тех случаях, когда отклонение электрода от оси шва не превышает 1,5 мм, сварные соединения получаются качественными, в том числе и при утапливании выступа в отверстии до половины толщины стенки, а угловая деформация практически отсутствует. Кроме того, установили, что формирование швов, расположенных на наклонных (до 40°) частях стенки остается удовлетворительным при их сварке «на спуск». В противном случае наблюдались протеки металла и прожоги. Наибольшие трудности возникли при сварке «на весу» стыковых швов стенок. В целях увеличения ширины шва использовали поперечные колебания электродной проволоки с амплитудой 4 мм.

Учитывая сказанное выше, требования к сборочно-сварочному стенду, предназначенному для работы в составе РТК-3, сформулировали следующим образом:

* стенд должен представлять собой позиционер с горизонтальным расположением оси вращения, имеющий четыре позиции, установка в которые осуществляется путем поворота барабана на угол 90°;
* повторная точность позиционирования изделия должна быть не ниже ±1,0 мм в осевом направлении и ±0,3° по углу поворота;
* базирование собранного узла необходимо осуществить по плоскости съемника;
* система базирования гребенок и сегментов должна обеспечивать их установку с отклонением от параллельности основной базе не более 0,3 мм;
* усилия прижимов должны быть достаточными для прижатия деталей к базам, независимо от нарушения их проектной формы;
* элементы позиционера не должны ухудшать доступ горелки к сварным швам.

В соответствии с данными требованиями и схемой базирования, приведенной на рис. 9, был создан позиционер, предназначенный для работы в составе РТК-3. Основными узлами позиционера являются: основание, держатель барабана, блок ложементов, радиальный прижим, отводная база, торцевой прижим, блок ловителей гребенок, панель управления.

На основании 1 (рис. 10) расположен отводной держатель барабана, представляющий собой пиноль 5, вращающуюся в подшипниковой опоре 4. Передний опорный фланец служит для установки остова барабана с центрированием его по отверстию фланца. На заднем фланце закреплен вращающийся пневматический цилиндр 3, соединенный со штоком б, проходящим внутри пиноли. На передний Т-образный конец штока надевают конусную шайбу 7. Опора пиноли закреплена на салазках 8, приводимых в движение пневматическим цилиндром 2.

В передней части основания, под барабаном, расположен блок ложементов, предназначенных для фиксации гребенок и сегментов в проектном положении относительно остова. Блок состоит из четырех ложементов 11, отдельно для каждого пояса деталей. Каждый ложемент установлен на двух подпружиненных направляющих скалках 12, благодаря которым детали при сборке предварительно прижимаются к остову, а их выступы остаются в пазах обечайки при ее повороте. Ложементы могут перемещаться с помощью не только пружин, но и радиального прижима. Его пневматические цилиндры 13, расположенные с обеих сторон ложементов, через поперечные планки 14 прижимают все пять поясов деталей, обеспечивая их плотное прилегание к остову перед сваркой. По ее окончании цилиндры оттягивают ложементы вниз, освобождая приваренные детали. Для фиксации деталей в пазах служат пневматические прижимы 15. Через штоки, пропущенные сквозь ложементы, пневматический цилиндр с помощью подпружиненных вилок прижимает детали к базовой поверхности каждого ложемента, устанавливая их, таким образом, в проектное положение.

Основным базовым элементом позиционера является сектор 10, на который с помощью пальцевых фиксаторов 19 навешиваются две секции съемника. Сектор закреплен на двух стойках с ползунами 23 и перемещается рычагом с помощью мощного пневматического цилиндра 22. Будучи установленным в рабочую позицию, сектор в сочетании с двумя торцевыми пневматическими прижимами 16 обеспечивает надежное базирование барабана в осевом направлении. При этом в тангенциальном направлении его положение однозначно фиксируется пальцевыми фиксаторами 19, попадающими в технологические отверстия в сегментах остова. Благодаря такой системе базирования, независимо от торцевого биения остова, достигается постоянство положения в пространстве свариваемой четверти барабана, обеспечивающее попадание электрода в места расположения сварных швов с точностью, достаточной для получения качественных сварных соединений.

Блок ловителей гребенок предназначен для предварительного задания положения деталей, поджима их к остову и удержания всего набора в процессе сборки. Фиксаторы 19, выполненные в виде качающихся подпружиненных рычагов 20 с защелками 21, установлены на общем основании в плоскостях расположения гребенок и сегментов. При сборке барабан вращается с помощью храпового механизма, который на схеме не показан. В зоне работы оператора-сборщика расположена панель 18 с агрегатами пневмосистемы. Для контроля срабатывания механизмов и правильности установки деталей при сборке предусмотрена система индукционных бесконтактных датчиков. Позиционер оборудован системой вытяжной вентиляции 17. Перед загрузкой остова позиционер находится в исходном положении: пиноль, отводная база, торцевые прижимы, осевые прижимы ложементов и ловители отведены в заднее положение, радиальный прижим удерживает блок ложементов в верхнем положении.

С помощью тельфера остов устанавливают на ложементы и выдвигают пиноль, вводя центрирующий выступ опорного фланца в отверстие фланца остова. Выдвигают вперед шток, надевают на него конусную шайбу и, включая вращающийся пневмоцилиндр, фиксируют остов на фланце пиноли. Отводят вниз блок ложементов, обеспечивая свободное вращение остова. Освобождают рычаги ловителей от защелок и, установив в них первый комплект деталей (занимает одну восьмую часть окружности остова), прижимают их к обечайке, следя за попаданием выступов в прорези. Затем соединяют остов с храповым механизмом и поворачивают его на 45°, вводя детали в пазы ложементов. Аналогичным образом вводят второй комплект деталей и фиксируют их в ложементах осевыми прижимами. На пальцевые фиксаторы сектора отводной базы навешивают две секции съемника и переводят ее в рабочее положение, добиваясь попадания фиксаторов в отверстия остова. Остов и съемники прижимают к отводной базе с помощью торцевых пневмоцилиндров, а затем блок ложементов с деталями — к обечайке с помощью радиальных прижимов.

Предварительный расчет и хронометраж при отработке технологии показал, что цикл сварки одной четверти барабана длится 8 мин. За это время оператор успевает произвести сборку на позиционере такой же его части. Поэтому в состав РТК включили два позиционера (для левого и правого барабанов), которые поочередно обслуживает один робот, расположенный между ними. Схема размещения оборудования РТК-3 приведена на рис. 11.

Остовы, принятые ОТК, оператор берет из накопителя 8 и с помощью тельфера 10 поочередно устанавливает на оба позиционера 2. В процессе установки рабочий находится между позиционером и роботом, на полу безопасности 7. Это исключает случайный старт робота даже при нажатии соответствующей кнопки на пульте управления. Затем оператор переходит к одному из позиционеров и производит сборку первой четверти барабана. Закончив сборку, он запускает робот с соответствующего пульта 3 и переходит к другому позиционеру. Система управления РТК контролирует состояние робота и качество сборки на позиционере и при отсутствии отклонений запускает соответствующую сварочную программу. Робот последовательно выполняет сварку сегментов, гребенок, стыкового шва обечайки и съемников.

Одновременно со сваркой оператор выполняет сборку первой четверти на втором позиционере и с его пульта управления дает вызов робота. По завершении сварки на первом позиционере производится очистка горелки на устройстве б, и после контроля качества сборки робот начинает сварку первой четверти на втором позиционере. В это же время оператор собирает вторую четверть барабана на первом позиционере. Таким образом, робот, работая практически непрерывно, за четыре этапа осуществляет полную сварку правого и левого барабанов на обоих позиционерах и уходит в ис­ходную точку. Оператор снимает с них готовые изделия и укладывает на конвейер 9, по которому барабаны передаются на место контроля и исправления брака.

Следует отметить, что количество и расположение сварных швов в каждой четверти барабана отличаются друг от друга. Это не позволило использовать единую сварочную программу. Поэтому алгоритм работы РТК предусматривает последовательное подключение четырех подпрограмм и контроль очередности их выполнения на каждом позиционере. После отключения системы управления или при необходимости изменения порядка выполнения подпрограмм номер нужной подпрограммы набирается на дисплее стойки управления 4. При промежуточных остановках и ручных манипуляциях с роботом номер подпрограммы и место ее прерывания запоминаются, и при повторном старте робот продолжает сварку от места остановки.

Качество и надежность работы всех РТК на участке, в каждый из которых входят манипулятор, сварочное и технологическое оборудование или оснастка, в значительной мере зависят от неизменности их взаимного положения, четкости и стабильности срабатывания отдельных механизмов, задающих и фиксирующих в пространстве положение свариваемых деталей. Для снижения потерь времени, вызванных сбоями в работе РТК, и поддержания качества сварных соединений на заданном уровне для всех описанных выше РТК, были разработаны программы оперативного технологического контроля состояния оборудования и оснастки. Суть контроля состоит в периодическом измерении отклонений от номинального положения в пространстве основных базовых и фиксирующих элементов технологического оборудования, ответственных за точность позиционирования деталей. Для измерений использовали робот, точность позиционирования которого со­ставляет 0,2 мм. По окончании отладки оборудования РТК и изготовления контрольной партии узлов в местах, доступных для горелки робота, на поверхностях контролируемых элементов (оснований, технологических баз, упоров и прижимов) наносили контрольные точки в виде кернов диаметром не более 0,5 мм. На РТК-1 такие точки располагали на рамах приспособлений, закрепленных на столах, опорах жесткостей и откидном клиновом вкладыше; на РТК-2 — на плите, подвижном сегменте и полюсных наконечниках всех магнитных модулей; на РТК-3 — на основании и на концах сектора 10 отводной базы (см. рис. 11). Кроме того, контрольную точку ставили на неподвижной станине самого робота. Последняя служила для оценки возможных отклонений конца электрода. Вместо мундштука в горелку вворачивали острый конусный наконечник. В ручном режиме проводили обучающее программирование, подводя горелку перпендикулярно к контролируемой поверхности так, чтобы острие наконечника коснулось дна конусного керна, после чего горелку приподнимали на 0,5... 1,0 мм и полученную точку заносили в память робота. Перемещая горелку от одной контрольной точки к другой, формировали таким образом программу контроля. Многократно программируя одну и ту же точку, установили, что погрешность работы обучающего оператора не превышает 0,3 мм, а точность измерений в пределах всей программы составляет 0,5 мм. В дальнейшем подобный контроль проводили после замены горелки, подналадки или ремонта технологического оборудования, а также при снижении точности попадания конца электрода на линию стыка деталей. При появлении отклонений, превышающих 1 мм (их значения считывали на дисплее системы управления роботом), находили и устраняли их причину, после чего контроль повторяли. Опыт показал, что основными причинами снижения точности работы оборудования и оснастки являются нарушение регулировок базовых элементов и изменение усилий прижатия деталей, вызванное заеданиями в подвижных элементах прижимов. При использовании пневматического привода важной является стабильность давления в пневмосети.

Все три описанных РТК были объединены в отдельный участок робо­тизированной сварки барабана. Схема размещения оборудования на участке показана на рис. 12. Стандартные поддоны с деталями расставляют на складочные места с помощью цеховой кран-балки. Технологические узлы Т-1 и Т-2, сваренные на РТК-1, складируют в стеллажи 7 и 2 отдельно для левого и правого барабанов. Перед сборкой остовов на РТК-2 входящие в них обозначение стенки проходят 100 %-ный контроль формы на приспособлении 3. Его выполняет оператор, обслуживающий РТК-1.

По завершении трехэтапного процесса изготовления остовов на обоих кондукторах изделия с помощью тельфера передаются в накопители 4. Сваренные остовы устанавливают в специальный стенд 5, на котором контролируют торцевое и радиальное биения, а также качество сварных соединений. Остовы барабанов, признанные ОТК годными, передаются в накопители 6. Остовы, имеющие браковочные признаки, передают в изолятор брака 7, а затем на отдельное рабочее место, где производится подварка швов либо исправление формы путем местного нагрева соответствующих связей. Количественные результаты контроля регистрируются в специальном журнале. Их периодическая статистическая обработка позволяет судить о стабильности технологического процесса и состоянии оборудования РТК. В случае появления систематических отклонений, близких к предельным, устанавливают причину их возникновения и производят подналадку оборудования, а при необходимости — внеплановое техническое обслуживание и ремонт. Следует отметить также, что результаты контроля на этой стадии не обезли­чены и используются для оценки качества работы обслуживающих РТК операторов.

Остовы барабанов с помощью тельфера 8 устанавливают на позиционеры РТК-3, где производят окончательную сварку. Готовые барабаны передаются тельфером на напольный конвейер-накопитель 9, а затем на стенд 5, где контролируют геометрические размеры и качество сварных соединений. Принятые ОТК изделия поступают на склад готовой продукции 10. Барабаны, имеющие дефекты сварных швов или формы, передаются на рабочее место, укомплектованное кантователем 7 и полуавтоматом 11 для сварки в среде углекислого газа, где производится устранение дефектов.

Анализ работы роботизированного технологического участка показал, что не совмещенными во времени с процессом сварки являются в основном транспортные операции. Их доля в общей продолжительности процесса не превышает 10 %. Наименее загруженным является РТК-1, поэтому его оператору дополнительно поручена транспортировка узлов на всем участке. Наиболее «узким местом» являются операции контроля. Для их сокращения целесообразно было бы, по-видимому, автоматизировать процесс контроля геометрии узлов и регистрации его результатов. Такт выпуска изделий составил 40 мин.

**Выводы**

Опыт работы роботизированного технологического участка позволяет заключить следующее.

1. В успешной реализации проектов роботизированной дуговой сварки объемных крупногабаритных конструкций определяющую роль играет анализ технологичности изделий, который следует проводить несколько раз, по мере разработки и внедрения проекта. Особое значение имеет расчленение изделия на технологические узлы и анализ условий, обеспечивающих качество сварных соединений.

2. Основными требованиями при разработке технологического оборудования и оснастки, входящих в состав РТК, являются:

* обеспечение доступности сварных швов, выполняемых на данном комплексе;
* обеспечение точности и стабильности позиционирования деталей, достаточных для получения качественных сварных соединений;
* реализация в оборудовании конструктивно-технологических решений, позволяющих исключить или учесть влияние временных и остаточных сварочных деформаций на обеспечение заданных пределов отклонений размеров и геометрической формы свариваемого изделия;
* возможность регулировки и надежная фиксация базовых элементов оборудования;
* обеспечение усилия прижатия деталей, достаточного для исключения влияния на точность позиционирования отклонений их формы и размеров от проектных значений.

**Литература**

1. Медведев С.В. Компьютерные технологии проектирования сборочно-сварочной остнастки, Минск: Институт техн. Кибернетики НАН Белоруссии, 2000г.

2. Под редакцией Куркина С.А., Ховова В. М. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкции: Учеб. Пособие для вузов,Москва: Издательство МГУ им. Баумана Н. Э. ,2002 г.