

Санин С.Н., канд. техн. наук,
Квашенкова Г.В., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Пелипенко Н.А., д-р техн. наук
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ СВАРКИ КОЛЛЕКТОРОВ КОТЛОАГРЕГАТОВ

senis81@mail.ru

В статье предлагается концепция установки для присоединения с помощью сварки штуцеров к корпусам коллекторов водонагревательных котлов. Эта концепция предполагает обеспечение правильного базирования корпуса коллектора и механизацию процесса сварки с использованием оппозитной схемы сварочной головки, выравнивающей внутренние напряжения и увеличивающей производительность выполняемых сварочных работ.

Ключевые слова: коллектор котельного экономайзера, электродуговая сварка, оппозитная схема сварки, сварочная установка, механизация электродуговой сварки.

Введение. Котельный агрегат – это крупногабаритное сложное устройство, состоящее из большого числа деталей и узлов. Одним из важнейших узлов котельного агрегата является коллектор. Коллектор состоит из корпуса, двух днищ и ряда штуцеров (или патрубков), присоединяемых к нему с помощью сварки (рис. 1).

При этом самым распространенным способом сварки при изготовлении коллекторов является ручная электродуговая сварка штучными электродами. Такая технология весьма трудоемка и требовательна к опыту и квалификации рабочего для обеспечения высокого качества сварных соединений. Поэтому одним из важнейших вопросов при производстве коллекторов котлоагрегатов является механизация процесса сварки.

Практика сборки коллекторов показала, что использование ручной электродуговой сварки приводит как к наружным, так и к внутренним

дефектам сварных соединений. Наружные дефекты – это различные нарушения взаимного расположения соединяемых деталей, вызванные погрешностями в их базировании и релаксацией напряжений, погрешности геометрических размеров и формы сварных швов, выражающихся в их неравномерности или неполномерности. Внутренние дефекты – это пористость, шлаковые включения, непровары и сплавления [1].

Кроме этого из-за неравномерности заполнения разделки шва и неравномерного охлаждения нарушается равновесие внутренних напряжений в металле корпуса коллектора и присоединяемых штуцеров. С учетом того, что на одном корпусе коллектора, как правило, присутствует до 10 штуцеров и более, дисбаланс внутренних напряжений вызывает значительные деформации как отдельных деталей, так и всего узла коллектора, а иногда и образование трещин.

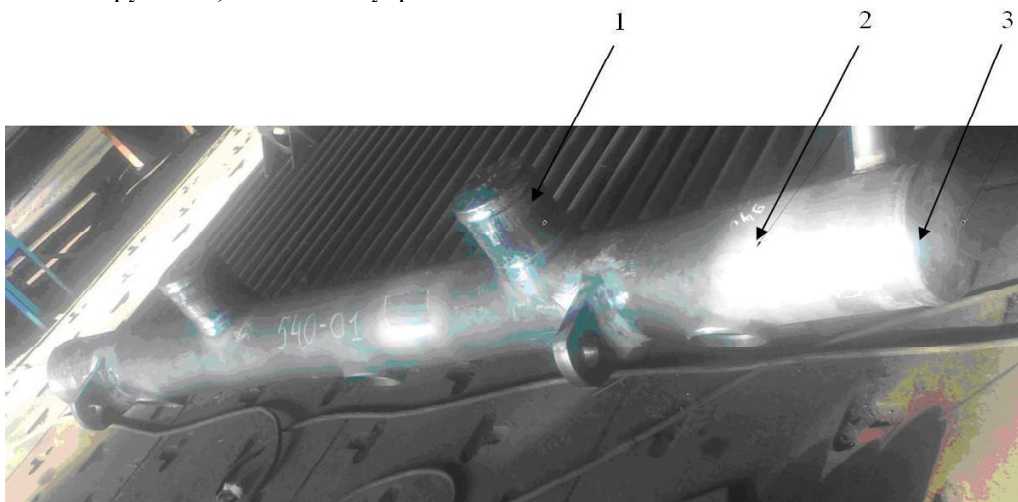


Рис. 1. Коллектор в сборе: 1 – патрубок, 2 – корпус коллектора, 3 – доннышко

Для уменьшения деформаций изделия после сварки приходится применять дополнительные технологические операции, способствующие

релаксации внутренних напряжений, в том числе предварительный подогрев перед сваркой, отжиг после сварки, остывание под слоем теп-

лоизоляции и изменение схемы сварки. Однако эти меры не помогают устранить погрешности, связанные с погрешностью базирования свариваемых деталей или квалификацией сварщика [2].

Методология. Для решения перечисленных проблем было решено разработать сварочную установку для прецизионной сварки коллекторов котлоагрегатов. Был составлен ряд требований, которые легли в основу предлагаемой концепции установки:

- установка должна обеспечивать правильное базирование корпуса коллектора относительно рамы установки;

- установка должна обеспечить равномерность сварного шва по длине и стабильные характеристики качества, исключающие внутренние дефекты;

- установка должна облегчить труд рабочего - сварщика, путем снижения трудоемкости и напряженности трудового процесса: она должна надежно удерживать привариваемый штуцер в процессе работы;

- установка должна обеспечивать четкое и простое позиционирование штуцера по отношению к базовому отверстию корпуса коллектора;

- установка должна повысить производительность сварочных работ и снизить возможные деформации от перераспределения внутренних напряжений на начальной стадии сварки.

Основная часть. Обеспечить высокое качество и необходимую производительность выполнения сварочных работ позволит использование автоматической подачи сварочной проволоки в зону сварки с применением защитной среды, например в условиях инертного газа или под слоем флюса [1]. Такой подход позволит обеспечить стабильное качество, геометрические размеры сварных швов и плавные переходы от сварного шва к основному материалу. [2].

В процессе работы над концепцией устройства сварочной установки была создана схема, представленная на рис. 2.

Согласно этой схеме корпус коллектора 10 базируется и закрепляется в приспособлении 3, имеющем возможность продольного перемещения по направляющим 11. Над корпусом расположена порталная установка 2, неподвижно установленная на столе 1. В центре поперечины портала расположен сварочный суппорт 6, имеющий возможность поворота вокруг вертикальной оси и снабженный механизмом вертикального подъема 7. Этот суппорт несет на себе две oppositно размещенные сварочные головки 5 с бабинами для сварочной проволоки 4. В центре сварочного суппорта установлено зажимное устройство 8 для привариваемой детали - штуцера 9. Причем зажимное устройство не связано механически поворотным сварочным суппортом 6.

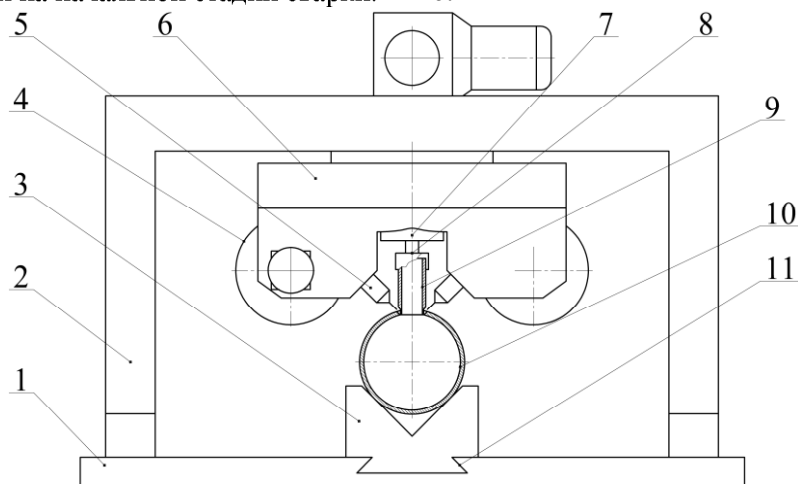


Рис. 2. Установка для механизированной прецизионной сварки коллекторов

Принцип эксплуатации такой установки достаточно прост. Коллектор 10 укладывается в приспособление 3, выверяется для вертикального расположения осей отверстий под штуцеры и закрепляется. Штуцер 9 устанавливается в зажимное устройство 8 и выверяется по необходимой высоте. Затем корпус коллектора 10 в приспособлении 3 по направляющим 11 перемещается и позиционируется так, чтобы ось отверстия под штуцер совпала с осью штуцера, соответствующе также оси вращения сварочного

суппорта. Сварщик без сварочной дуги включает механизм вращения сварочного суппорта и контролирует правильность траектории перемещения концов сварочной проволоки относительно сварного шва. В случае если головка не повторяет сварочный стык, необходимо произвести подналадку устройства. Далее настраиваются режимы сварки, включается электрический ток и привод круговой подачи сварочного суппорта, что позволяет осуществить процесс сварки. После совершения полуоборота сварочным

суппортом ток отключается, узел очищается от шлака и происходит подготовка к закреплению следующего штуцера.

Для создания такой установки необходимо учитывать некоторые особенности. Концепция устройства установки предполагает одновременную работу двух сварочных головок, каждая из которых применяется для формирования половины длины сварного шва. Сварочные головки должны иметь возможность поворота относительно оси привариваемого штуцера на угол более 180° для обеспечения гарантированного формирования сварного шва по замкнутому контуру. При этом головкам должно сообщаться как поворотное перемещение относительно оси штуцера, так и поступательное перемещение вдоль его оси, что обосновано формой сварного шва на стыке цилиндрических поверхностей корпуса коллектора и штуцера. Реализовать соответствующий закон движения можно с использованием специально спроектированных лекальных шаблонов 7 (см. рис. 2).

Для питания сварочной установки потребуется инверторный источник питания удвоенной мощности, ввиду одновременной работы двух сварочных головок.

Механизмы подачи сварочной проволоки должны содержать формирующие кольца для удержания сварочного флюса в зоне сварки, так как на наклонной поверхности коллектора флюс не сможет находиться достаточно долгое время, чтобы успеть сформировать достаточную плотность защитной среды.

Разработанная установка для прецизионной сварки коллекторов допускает как ручное, так и механическое перемещение и позиционирование корпуса коллектора. Так же как и остальные рабочие движения должны быть продублированы в ручном и в механизированном варианте, что очень важно для предварительной настройки установки.

Перед сваркой и во время нее корпус коллектора нагревается с помощью газового пламени, подводимого через специальную горелку внутрь его полости к зоне сварки. Это будет способствовать равномерности распределения внутренних напряжений. Также уравниванию внутренних напряжений при сварке будет способствовать оппозитная схема расположения сварочных головок. Она не позволит внутренним напряжениям вызвать перекося оси штуцера относительно ее теоретического положения.

Для полноценности автоматизации конструкции необходимо, чтобы сварочная головка управлялась программным способом [3]. Но для этого необходимо иметь математическое описание траектории движения сварочных головок,

которая фактически представляет собой линию пересечения двух цилиндрических поверхностей. Оппозитная схема сварки уменьшит длину данной траектории вдвое.

Наиболее простое решение при описании линии пересечения двух поверхностей можно реализовать в параметрической форме [4]. Однако расчетную схему следует принять такой, чтобы в качестве базовой цилиндрической поверхности выступала поверхность корпуса 1 коллектора (рис. 3).

С ней следует связать абсолютную систему цилиндрических координат, тогда поверхность корпуса коллектора получит следующее параметрическое описание:

$$\vec{r}_1(\alpha, l) = \begin{bmatrix} R \sin(\alpha) \\ R \cos(\alpha) \\ l \end{bmatrix},$$

где R – радиус цилиндрической поверхности корпуса коллектора; l – длина корпуса коллектора; α – угол поворота радиуса-вектора в цилиндрической системе координат.

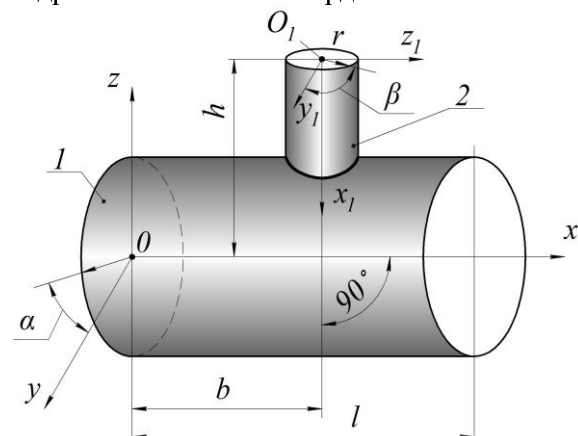


Рис. 3. Схема пересечения двух цилиндрических поверхностей: поверхности корпуса 1 и поверхности штуцера 2

Систему координат второй цилиндрической поверхности удобно связать с центром основания цилиндра, таким образом, чтобы оси Oy и Oy_1 были параллельны друг другу, а плоскость $x_1O_1z_1$ была повернута относительно оси Oy_1 на 90° . При этом система координат $x_1y_1z_1$ будет смещена относительно системы координат xyz вдоль оси Ox на расстояние b , а вдоль оси Oz на расстояние h . Тогда параметрическое уравнение второго цилиндра в абсолютной системе координат можно записать в виде:

$$\vec{r}_2(\beta, b) = \begin{bmatrix} h - R \sin(\alpha) \\ r \cos(\beta) \\ r \sin(\beta) + b \end{bmatrix},$$

где r – радиус цилиндрической поверхности штуцера; h – высота расположения верхнего торца штуцера относительно оси корпуса кол-

лектора; b – смещение оси штуцера вдоль оси корпуса коллектора; β – угол поворота радиуса – вектора в цилиндрической системе координат.

После приравнивания уравнений $\vec{r}_1(\alpha, l) = \vec{r}_2(\beta, b)$ и выполнения математических преобразований получим параметрическое описание линии пересечения, по которой будет рассчитываться траектория перемещения сварочной головки:

$$\vec{r}(h) = \begin{pmatrix} \arcsin\left(\frac{h}{2R}\right) \\ \arccos\left(\frac{R}{r}\sqrt{1-\frac{h^2}{4R^2}}\right) \\ r\sqrt{1-\frac{R^2}{r^2}\left(1-\frac{h^2}{4R^2}\right)} + b \end{pmatrix}.$$

Получив данное описание можно разработать программу управления сварочной головкой для дальнейшей модернизации установки в направлении автоматизации производства коллекторов.

Выводы. К сожалению, разработанная концепция сварочной установки не может учитывать все факторы для того чтоб сделать ее универсальной. В ряде случаев, штуцеры пересекаются с корпусом коллектора по касательной (оси корпуса и штуцера не пересекаются, а скрещиваются) и поэтому не смогут быть приварены иначе как вручную. Однако, принятая концеп-

ция сварочного устройства позволит вдвое сократить основное время сварки для большинства привариваемых штуцеров, повысив производительность и качество выполнения работ, а так же уменьшить зону термического влияния в процессе сварки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев Ю.С., Потапов Н.П., Старченко Е.Г., Волобуев О.С. Состояние и перспективы развития производства и применения сварочных флюсов в отечественной промышленности // Сварочное производство. 2008. №12. С. 29–32.
2. Каховский Н.И., Готальский Ю.Н., Технология механизированной дуговой и электрошлаковой сварки // Учебн. пособие для подготовки рабочих на производстве. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: «Высшая школа». 1977. 358 с.
3. Комаров Ю.Ю., Тимирязев В.А. Программирование обработки сложно-профильных деталей на станках с ЧПУ с использованием сплайновой интерполяции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. №7. С. 26–28.
4. Князев Д.Н., Устинова Е.С. Построение линии пересечения двух цилиндров в параметрическом виде // Технические науки в России и за рубежом: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2015 г.). М.: Буки-Веди, 2015. С. 122–125.

Sanin S.N., Kvashenkova G.V., Pelipenko N.A.

DEVELOPMENT OF THE ADAPTATION FOR PRECISION WELDING OF COLLECTORS OF PACKAGE BOILERS

The paper proposes the concept of device for the joining fittings to the manifold bodies of water heating boilers by welding. This concept involves ensuring of the correct collector basing and the mechanization of the welding process with an opposite circuit welding head, leveling internal stresses and increases productivity for performing welding operations.

Key words: Collector boiler economizer, electric arc welding, welding Opposite scheme, welder, arc welding mechanization

Санин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: senis81@mail.ru

Квашенкова Галина Валерьевна, магистрант кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: brunette2311@mail.ru

Николай Андреевич Пелипенко, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной геологии и горного дела

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: 308584, Россия, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Головино, ул. Новая, д. 8;

e-mail: pelipenkona@mail.ru