

АННОТАЦИЯ

Целью данной бакалаврской работы является снижение трудоемкости при изготовлении корпуса емкости для воды из высоколегированной стали, при помощи замены ручную дуговую сварку покрытыми электродами на автоматическую сварку под флюсом. Этот вопрос встал особенно остро в связи с возросшей потребностью в производстве аммиака, а выпущенное ранее единичное оборудование, проработав не определенный срок, выходит из строя - означает остановку всего агрегата (в состав которого входит емкость для воды), необходима новая менее трудоемкая технология.

Объем пояснительной записки составляет 59 страниц печатного текста. Графическая часть на 6 листах формата А1 представлена чертежом изделия; плакатом анализа способов для сварки корпуса емкости, два плаката технологического процесса, один плакат поясняющий технологический процесс изготовления корпуса и плакат по планировке участка.

Решение поставленных задач осуществляется с помощью данных, полученных из Интернета, из литературных источников, документов с предприятия и на основе опыта предыдущих разработок.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных решений	6
1.1 Характеристика емкости для воды	6
1.2 Характеристика материала изделия	9
1.3 Базовая технология изготовления корпуса емкости	10
1.4 Анализ способов сварки корпуса питательной воды	12
2 Технологический процесс изготовления корпуса емкости	20
2.1 Составление и разметка карты раскроя	20
2.2 Сварка полотнищ	20
2.3 Резка заготовки для обечайки	21
2.4 Гибка обечайки	22
2.5 Сварка обечайки	22
2.6 Сборка обечайки с днищами	24
2.7 Сварка обечайки с днищами	24
2.8 Контроль	24
3 Оборудование для изготовления емкости для воды	27
3.1 Сварочный выпрямитель ВКСМ -1000	27
3.2 Сварочный трактор ТС-17	28
3.3 Роликовый стенд Т-30Б	30
3.4 Сварочные установки консольного типа ВТ-1	32
4 Безопасность и экологичность	36
4.1. Описание рабочего места, оборудования и технологических операций	36
4.2. Краткая характеристика технологического процесса изготовления корпуса	37
4.3. Идентификация опасных и вредных производственных факторов	38
4.4. Воздействие производственных факторов на организм	

работающих	39
4.5. Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда и защите от воздействия вредных производственных факторов	39
4.6. Заключение по разделу	42
5 Экономическая эффективность	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ВВЕДЕНИЕ

Основной продукцией большинства химических предприятий является изготовление вспомогательного оборудования и запасных частей к машинному оборудованию, ремонт теплообменного и энергетического оборудования крупнотоннажных агрегатов аммиака, карбамида, метанола и других для предприятий химической промышленности.

Например, при производстве аммиака используются различные емкости для промывки питательной водой или разбавления компонентов [1].

Первоначальное оборудование, закупленное, как правило, по импорту для использования в производстве аммиака и карбамида, оснащены котлами, пароперегревателями, экономайзерами и другим емкостями. В связи с возрастающими потребностями в аммиаке появляется потребность в емкостях для питательной воды.

В данной работе рассмотрена технология сборки и сварки корпуса емкости для питательной воды из высоколегированной стали. Ранее эти аппараты изготавливались из углеродистой стали, в последнее время примененная первоначальная технология изготовления из высоколегированной стали, основанная на ручной дуговой сварке покрытыми электродами, которая не обеспечивает необходимого качества и имеет большую трудоемкость.

Поэтому целью данной бакалаврской работы является снижение трудоемкости при изготовлении корпуса емкости для питательной воды из высоколегированной стали.

1 Анализ исходных данных и известных решений

1.1 Характеристика емкости для питательной воды

Емкость (рис.1.1) предназначена для сбора пара питательной воды в технологическом процессе при изготовлении аммиака. Питательная вода служит для разбавления и поддержания уровня кислотности (ph) в паросборниках, куда закачиваются насосами фосфаты. Условия работы емкости приведены в таблице 1.1.

Емкость состоит из корпуса в виде обечайки с эллиптическими днищами. На корпусе имеются фланцы, патрубки, люк и т.д. Корпус емкости выполнен из стали 08X18H10T толщиной 12 мм и имеет диаметр 2500 мм.

Таблица 1.1-Условия работы емкости

Характеристика	Величина
Температура, °С	
рабочая	105
расчетная	165
минимально допустимая, стенки	минус 40
окружающего воздуха	минус 43
Среда	пар
Вместимость, м ³	22
Материал	08X18H10T
Число циклов нагружения	не более 1000
Место установки	вне помещения
Группа аппарата по ОСТ 26-291-94	4

К цилиндрическим изделиям относят паровые котлы, химические сосуды, парогенераторы, корпуса атомных реакторов и т. п., работающие при вы-

соком давлении и нередко в агрессивной среде. В зависимости от требований эксплуатации для изготовления таких изделий используют низколегированные стали типа 09Г2С, 10ГН2МФА, 15Х2НМФА. Заготовки для изготовления элементов корпусов с монолитной стенкой получают горячей вальцовкой или штамповкой из листового проката, а в некоторых случаях из поковок. Для увеличения срока службы целесообразно емкости изготавливать из высоколегированных сталей.

При выполнении сварных швов таких изделий применяют автоматическую сварку под флюсом с использованием V-образной формы разделки кромок. Существует два варианта изготовления корпусов:

- из обечаяек длиной равной ширине листового проката (до 3500 мм);
- из корыт (полуобечаяек) длиной равной длине проката.

Так как длина окружности обечайки корпуса емкости для питательной воды больше длины листа проката, то корпус изготавливается из нескольких листов, а ширина обечайки меньше длины проката, то корпус выполнен из одной обечайки.

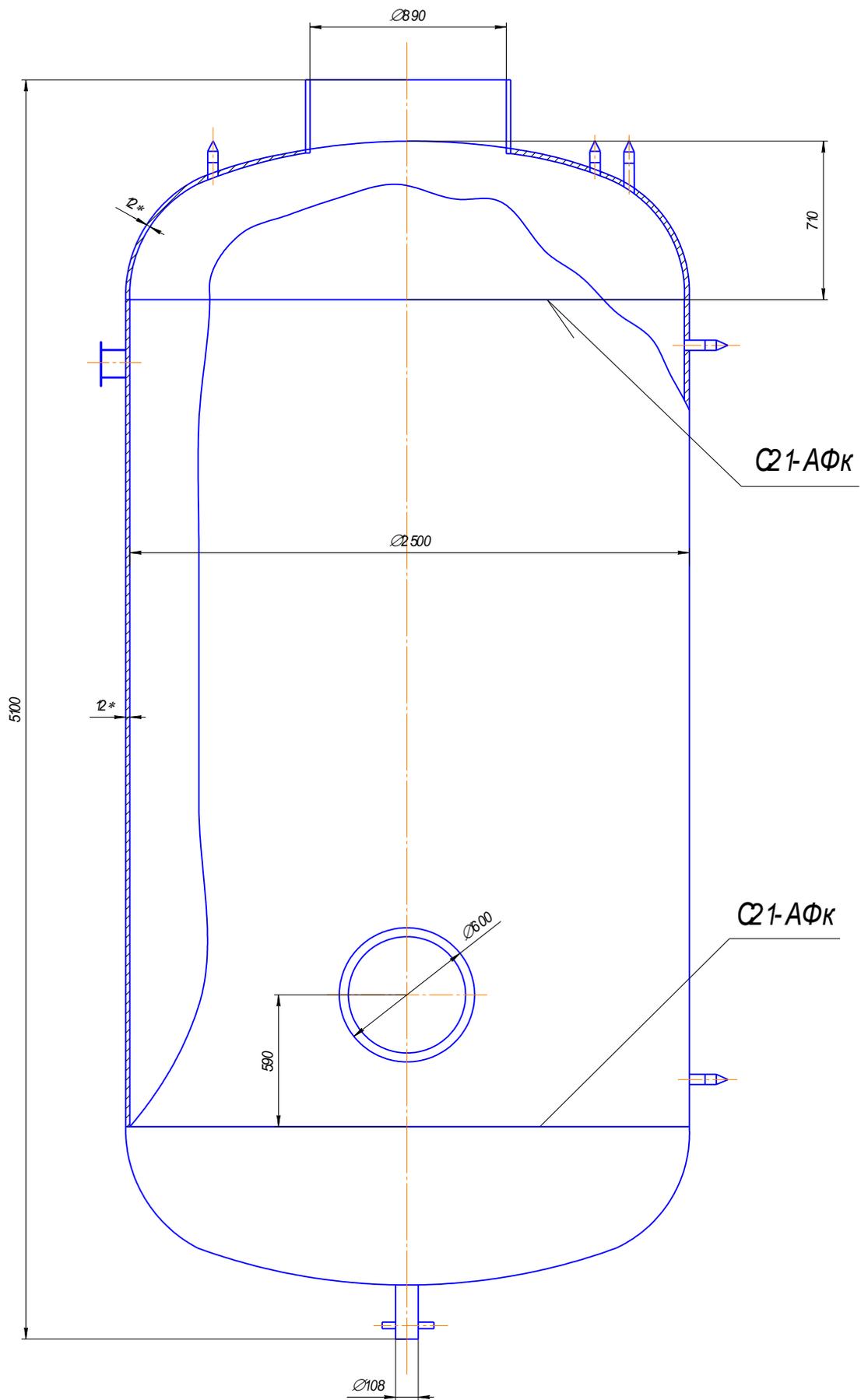


Рисунок 1.1- Емкость для воды

1.2 Характеристика материала изделия

Емкость для питательной воды (рис.1.1) изготовлена из стали 08X18H10T. Это нержавеющая сталь, т.е. коррозионно-стойкая и жаропрочная.

Химический состав стали 08X18H10T показан в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Химические компоненты стали 08X18H10T,% (ГОСТ5632 -72)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	-
до 0.08	до 0.8	до 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	до 0.3	(5 C - 0.7) Ti, остальное Fe

Механические свойства приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 -Механические свойства стали 08X18H10T

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
196	490	40	55

Сталь имеет хорошую свариваемость, поэтому сварка производится без подогрева и без последующей термообработки.

Нержавеющие высоколегированные стали может сваривать разными дуговыми способами сварки, такими как ручной сваркой покрытыми электродами, аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом с присадкой в защитном газе или механизированным способом сварки плавящейся проволокой в защитном газе.

Особенности сварки нержавеющей стали заключаются в присутствии в составе стали хрома. Этот металл под воздействием высокой температуры реагирует с углеродом, образуя карбид хрома, тем самым снижается прочность сварного соединения. Поэтому место сварки быстро охлаждают (иногда даже обычной водой). Второй особенностью является пониженная

теплопроводность стали . В связи с чем, силу тока сварки необходимо снизить на 15-20% по сравнению с процессом сварки углеродистой стали. Повышенный коэффициент расширения металла требует постоянно следить за величиной зазора между свариваемыми деталями. Большое электрическое сопротивление стали ограничивают длину электродов с хромоникелевыми стержнями, которые имеют длину до 350 мм.

1.3 Базовая технология изготовления корпуса емкости

Раскраиваются листы для стенки обечайки на гильотинных ножницах. Листы стыкуются по карте раскроя (рис. 1.2), далее прихватываются ручной дуговой сваркой (РДС), длина прихваток 20 - 30 мм, шаг 200 – 300 мм, на поверхность свариваемых кромок, шириной 100-150 мм, наносится защитное средство «Дуга-2М» (для быстрого и легкого удаления брызг металла с оклошовной поверхности). На базовом предприятии полотнище собирается на плитном настиле, на котором предварительно вычерчивается сборочная схема, используются элементы сборно-разборных приспособлений: упоры, оправки, угольники, струбцины. Производится прихватка, а затем сварка изделия РДС штучными покрытыми электродами типа Э-08Х18Н10Т марки ОЗЛ-8, диаметром 3 мм.

Следующей операцией является вальцовка. Далее обечайку собирают для сварки встык, прихватывают РДС с длиной прихваток 20 - 30 мм и расстоянием между прихватками 200 мм. После зачистки прихваток от шлака и прорезки краев, производят сварку всего корневого шва ручной дуговой сваркой покрытыми электродами с переваркой прихваток (рис. 1.3).

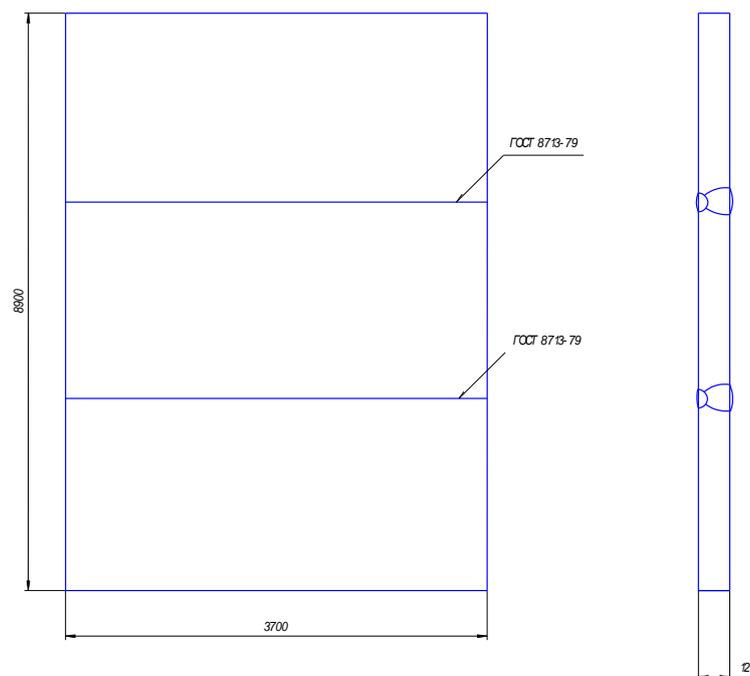


Рисунок 1.2- Заготовка для раскроя

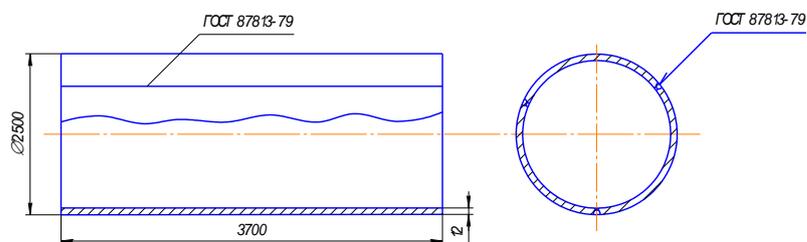


Рисунок 1.3- Обечайка

Затем два днища собирают с обечайкой и подгоняют под сварку, прихватывая с помощью РДС, проверяются сборочные размеры.

Затем в стенке обечайки вырезаются отверстия под патрубки с помощью газового резака. Данный способ резки имеет ряд недостатков, а именно: большая зона термического влияния, необходимость в высокой квалификации рабочего производящего резку, малая производительность способа, низкая точность реза.

Далее производят сварку стенки обечайки с днищами. Затем производят сборку под сварку патрубков, после этого производится приварка патрубков и скоб. Затем проводится зачистка околошовной зоны перед испытаниями. Далее сварные швы испытываются на маслоплотность давлением 0,02 МПа. При выявлении течей дефектные места подвариваются РДС. Далее сварной шов зачищается. Затем устанавливаются в размер опоры расширителя, прихватываются РДС и привариваются дуговой сваркой. Затем производят окончательную зачистку изделия [6].

Данная технология имеет ряд недостатков, которые с применением современного оборудования и материалов можно устранить, если ручную дуговую сварку заменить на другой способ сварки с низкой трудоемкостью.

1.4 Анализ способов сварки корпуса питательной воды

Известно, что высоколегированную сталь типа 18-10 можно производить сваркой покрытыми электродами соответствующими марками и типами электродами (рис. 1.4). При этом способе под действие сварочной дуги происходит расплавление кромок свариваемого изделия и стержня электрода и покрытия на электроде. При расплавлении металл стержня электрода и кромок свариваемого изделия перемешиваются и образуют сварной шов. Покрытие электрода, имеющее меньший вес расплавляется и всплывает, образуя шлаковую корку [5].

Преимущества ручной дуговой сварки покрытыми электродами считаются: относительно невысокая себестоимость, простота и универсальность

процесса, возможность сварки в различных пространственных положениях, относительно низкая стоимость оборудования.

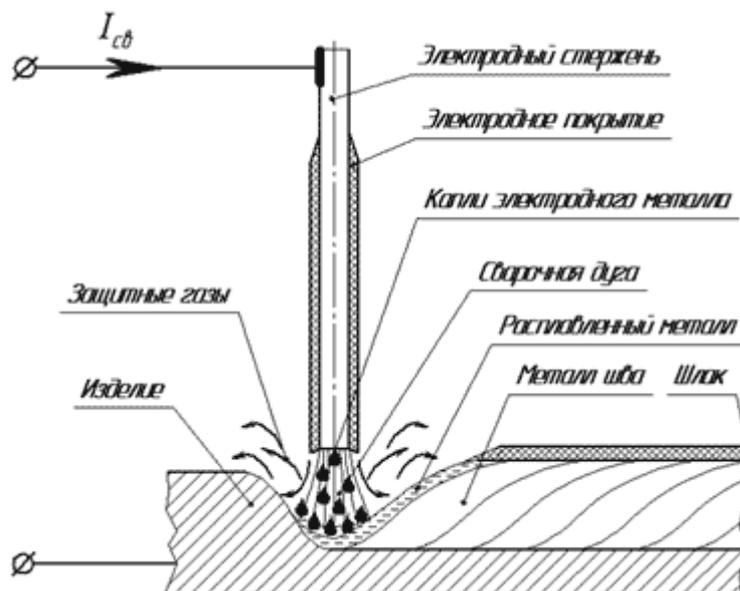


Рисунок 1.4- Ручная дуговая сварка покрытым электродом

Однако при этом способе высокие материальные и временные затраты на подготовку сварщика, зависимость качества сварки от квалификации и состояния сварщика, сравнительно низкую производительность из-за ограниченной скорости сварки, а также вредные условия труда для рабочего.

Так как этот способ целесообразен при сварке на монтаже для сварки не длинных швов, а емкость изготавливается в цеховых условиях и имеет швы большой длины, то этот способ, применяемый в базовом варианте, не обеспечивает высокого качества и имеет высокую трудоемкость, поэтому его необходимо заменить.

Известно, что высоколегированные стали можно сваривать автоматической сварке под флюсом, когда сварочная дуга горит под слоем нейтрального флюса (рис.1.5).

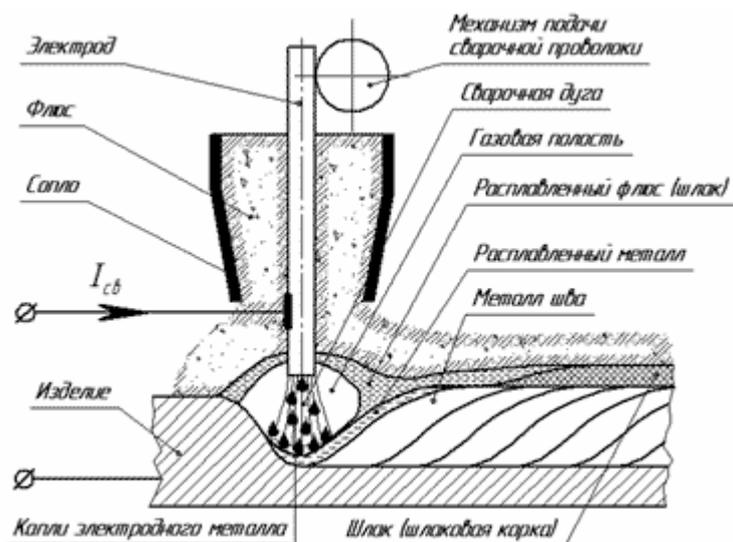


Рисунок 1.5- Схема сварки под флюсом

При горении дуги расплавляется металл свариваемых кромок, подаваемая сварочная проволока сплошного сечения, а также флюс, который всплывает и защищает расплавленный металл от взаимодействия с воздухом [5]. Компоненты флюса обеспечивают сварному шву нужные свойства, а после кристаллизации металла шва и шлаковой корки, последняя легко удаляется. Нерасплавленная часть флюса, собирается опять в бункер для дальнейшего использования.

Этот способ имеет высокую производительность, из-за возможно производить сварку на высокой скорости, имеет минимальные потери теплового и светового излучения, отсутствие брызг. Шлаковая корка обеспечивает низкую скорость охлаждения металла, что обеспечивает высокие показатели прочностных свойств металла шва. Защита флюсом; обеспечивает один из самых высоких коэффициентов эффективности из дуговых способов сварки $\eta = (0,8 - 0,9)$ [5].

Однако при этом способе сварки сложно наблюдать за процессом и трудно направлять горелку по свариваемым кромкам, сложности при выполнении сварки в пространственных положениях отличных от нижнего без специальных приспособлений.

Для сварки корпуса емкости если сварной шов может находиться в нижнем положении, то его можно рекомендовать к применению.

Возможно производить сварку емкости из высоколегированной стали известным способом дуговой сварки неплавящимся электродом в защитном газе с присадкой (рис. 1.6). Дуга горит в защитном газе между неплавящимся вольфрамовым электродом и свариваемыми кромками изделия, а разделку заполняют присадочной проволокой, подаваемую в зону горения дуги. Расплавленный металл от расплавления кромок и присадочной проволоки образует металл шва хорошего качества без шлаковой корки и почти не требует зачистки после кристаллизации [5].

Неплавящийся электрод чаще всего используют из сплава вольфрама с добавками иттрия, лантана или тория. Защитный газ для сварки высоколегированных сталей должен быть нейтрален и не реагировать с электродом и со свариваемым металлом. В качестве защитного газа чаще всего используют аргон высшего качества (рис. 1.6).

При этом способе имеется высокая устойчивость горения дуги, а следовательно получается высокое качество сварного шва. Не требуется зачистка сварного шва, возможность наблюдения за процессом горения, плавления и кристаллизации, сварку можно вести в различных положениях.

Однако при этом способе не высокая тепловая эффективность, потребность в специальных устройствах для начального возбуждения дуги без касания электродом изделия.

Так как способ имеет не большой эффективный КПД и высокая стоимость вольфрамовых электродов и защитного газа аргона, то данный способ не рационально применять для сварки корпуса емкости из стали 08X18H10T.

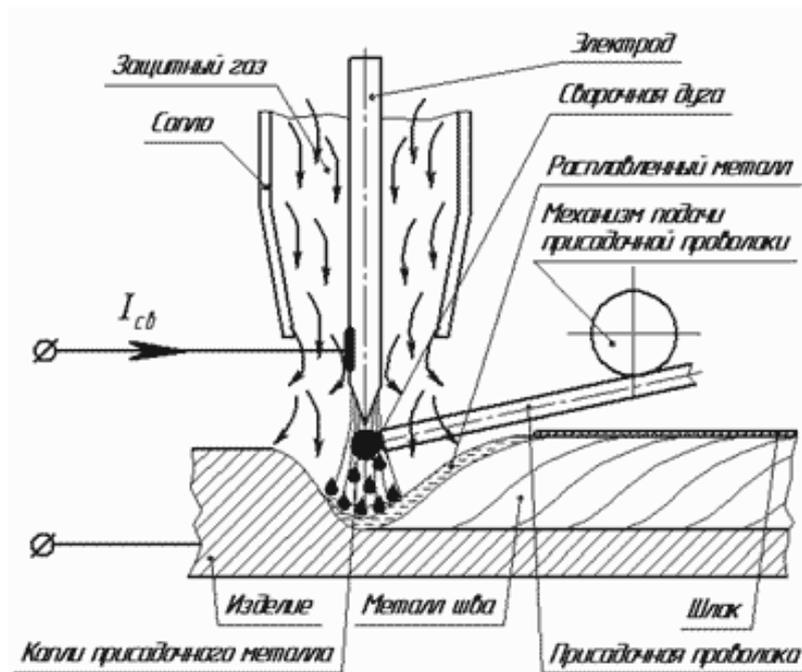


Рисунок 1.6- Схема сварки неплавящимся электродом с присадкой

Известно, что сварку высоколегированных сталей можно производить плавящейся проволокой в защитном инертном или активном газе (рис. 1.7). Сварной шов формируется из расплавленных кромок свариваемого изделия и электродной проволоки сплошного сечения, по составу похожему на свариваемый металл. Защита от окружающего воздуха производится защитным газом, для нержавеющей сталей, обычно аргоном [5].

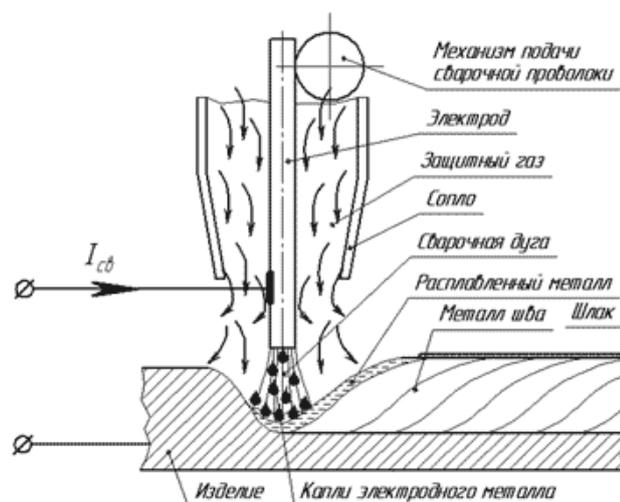


Рисунок 1.7- Схема сварки в защитных газах

Преимуществами этого способа сварки являются: повышенная производительность из-за отсутствия шлаковой корки после кристаллизации, а следовательно не требуется зачистка шва, возможность сварки во всех пространственных положениях.

Однако при этом способе не высокая тепловая эффективность процесса, необходимость в защите свариваемого изделия от разбрызгивания или химическим путем или использования специального устройства.

Таким образом, данный способ имеет высокую производительность, имеет возможность автоматизации процесса, но требует защиты от брызг, не высокий КПД, то для сварки корпуса емкости этот способ также не эффективен.

Известен способ сварки сжатой дугой, который имеет высокую температуру и широкий диапазон регулирования ее технологических свойств [5]. Формирование шва происходит или за счет плавления кромок свариваемого металла или при выполнении разделки кромок от дополнительно подаваемой присадочной проволоки (рис. 1.8). Высокая температура процесса сварки сжатой дугой обеспечивается конструкцией сопла плазмотрона, имеющего малый диаметр и плазмообразующего инертного газа, подаваемого в сопло.

По сравнению с аргонодуговой сваркой свободной дугой сжатая дуга имеет высокую проплавляющую способность, поэтому имеет следующие преимущества: повышенную производительность, малая зона термического влияния у шва, а следовательно малые деформации, высокую стабильность горения.

Сжатая дуга может возбуждаться и гореть или между вольфрамовым электродом и соплом или между электродом и изделием. Для сварки металлов большой толщины, обычно применяют плазмотроны с дугой прямого действия, с дугой горящей между электродом и изделием.



Рисунок 1.8- Плазменная (сжатая) дуга, горящая на графит

Таким образом, данный способ сварки обеспечивает высокое качество сварного соединения, имеет возможность сварки любых толщин, но он имеет высокой стоимостью и сложностью оборудования. Такой способ для сварки корпуса емкости применять не целесообразно.

Известен и может быть применен для емкости из высоколегированной стали способ сварки порошковой проволокой (рис. 1.9). При этом способе сварочная дуга горит между свариваемыми кромками изделия и оболочкой порошковой проволоки. Порошок выполняет роль покрытия на штучных электродах и обеспечивает стабильность горения дуги, защиту от воздуха и обеспечения свойств сварного шва.

Преимуществами этого способа является отсутствие газового баллона и оборудования, нет необходимости прерывать процесс сварки, как при смене электродов, возможность получения шва с заданными свойствами, за счет подбора состава порока.

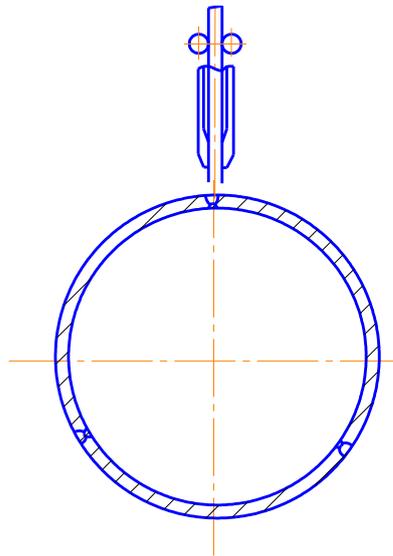


Рисунок 1.9-Сварка порошковой проволокой

Однако этот способ сварки имеет свои недостатки: малая прочность и жесткость проволоки требует точной настройки усилия прижатия проволоки в падающем механизме, повышенная вероятность образования пор [7].

Для сварки корпуса емкости можно использовать порошковую проволоку. Однако этот способ уступает по производительности сварки под флюсом, поэтому его использовать не желательно.

Анализ возможных способов сварки показал, что для сварки корпуса емкости целесообразно использовать сварку под слоем флюса. Поэтому для достижения поставленной цели, т.е. для снижения трудоемкости необходимо решить следующие задачи:

- 1) Разработать технологию изготовления корпуса емкости.
- 2) Подобрать и разработать необходимое оборудование и оснастку для изготовления корпуса.

2 Технологический процесс изготовления корпуса емкости для питательной воды

2.1 Составление и разметка карты раскроя

Для изготовления обечайки корпуса емкости первоначально составляется карта раскроя (рис.2.1), которая представляет собой развернутую обечайку корпуса емкости, сваренную из листов. Для данного корпуса обечайки выбраны изготавливаемые по ГОСТ три листа толщиной 12мм и размером 4000×3000мм. Разметка производится рулеткой и чертилкой.

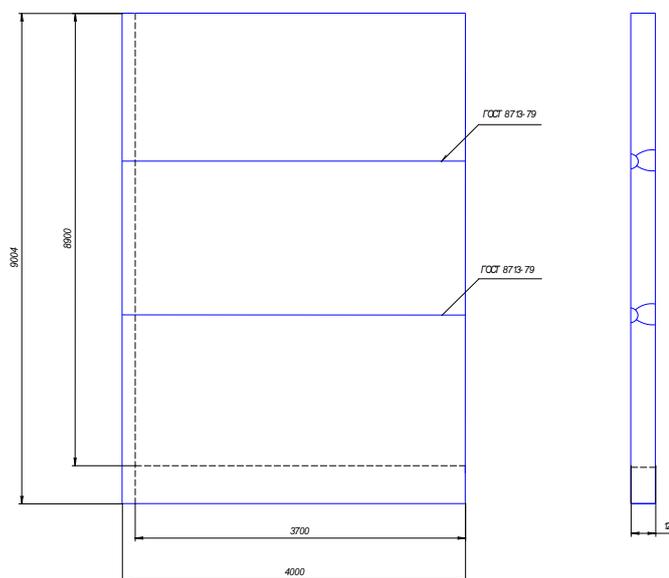


Рисунок 2.1- Карта раскроя

2.2 Сварка полотнищ

Перед сваркой производится сборка листов на плитном настиле в соответствии с ГОСТ 8713-79 (рис.2.2) на прихватках. Зазор в стыке $2^{+/-2}$ мм, угол разделки кромок $30^{+/-3^\circ}$. Размеры контролируются универсальным щупом сварщика (УШС). Кромки подготовленных под сварку элементов сосудов следует зачищать на ширину не менее 20 мм. Кромки не должны иметь сле-

дов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Длина прихваток 20 - 30 мм, с шагом 200 – 300 мм, на поверхность свариваемых кромок наносится защитное средство «Дуга-2М» (для быстрого и легкого удаления брызг металла с окалиноватой поверхности). Сначала производится сварка корня шва с обратной стороны от разделки с помощью ручной дуговой сварки покрытыми электродами марки ОЗС-8, диаметром 3 мм. Ток сварки равен 50-70А. Питание сварочной дуги осуществляется от сварочного выпрямителя типа ВКСМ – 1000 и балластного реостата РБ – 300. Сварка производится в нижнем положении при обратной полярности. После зачистки сварного шва от шлака и брызг расплавленного металла с двух сторон, стык готов к автоматической сварке.

Сварка трех полотнищ осуществляется двумя швами по одному проходу автоматической сваркой под слоем флюса. Режимы сварки ток 450 – 550А, напряжение дуги 28 – 38В, скорость сварки 50 -54 м/час. Для сварки используется сварочная проволока Св08Х18Н10Т диаметром 4 мм и флюс 48-ОФ-6. Флюс сварочный 48-ОФ-6 предназначен для автоматической и полуавтоматической сварки высоколегированной сварочной проволокой, а также электрошлаковой сварки сварочной проволокой и пластинчатыми электродами.

Шов должен соответствовать ГОСТ 8713-79 и размерам С21 АФк, что означает разделка и автоматическая сварка под флюсом с предварительной подваркой корня шва (рис.2.2). Ширина шва 20 мм с отклонениями +/-4мм, высота усиления шва 2 мм с отклонениями +1, -1,5 мм [9].

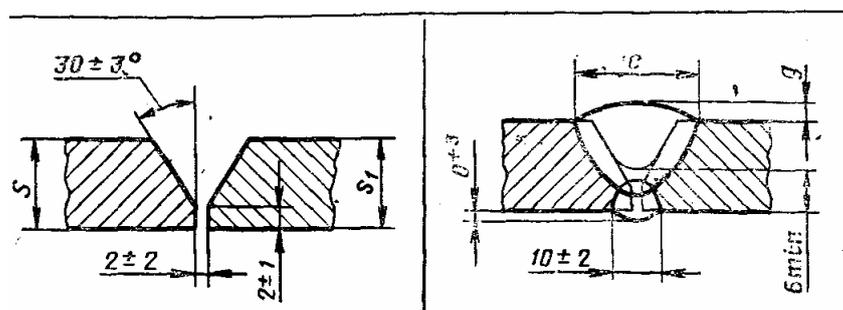


Рисунок 2.2 - Размеры разделки и сварного шва

2.3 Резка заготовки для обечайки

Вырезка развертки обечайки из заготовки производится с помощью кислородно-флюсовой резки (рис.2.3). Резка осуществляется установкой УРХС-5. Точность направления резака обеспечивается с помощью кронштейна закрепленного на тракторе и фиксирующего по кромке заготовки. С одного края отрезается 300 мм, а с другого 104 мм (рис.2.1). Для сварки и резки данной марки стали предварительный подогрев не нужен. При резке заготовки из стали 08Х18Н10Т толщиной 12мм кислородно-флюсовым способом расход кислорода составляет 0,3-0,4 МПа [3, 5]. Флюс подаваемый для резки высоколегированной с тали типа ПЖ-2. Расход флюса равен 0,25кг/м. Так как толщина металла не превышает 20 мм, применяется нормальное пламя. Угол между резаком и металлом - 90°. Расстояние от нижней кромки резака до поверхности разрезаемого металла должно быть больше, чем при резке углеродистых сталей и равно 6-8 мм. Ширина реза составляет 3-4 мм, с отклонением ± 1 мм. После резки кромка обрабатывается пневматическим наждаком на глубину не менее 1 мм и производится контроль размеров с помощью рулетки.

2.4 Гибка обечайки

Гибка заготовки в обечайку производится на трех валковых вальцах типа И2426 с радиусом 1250 мм (рис. 2.4). Проверка угла загиба обечайки производится с помощью шаблона изготовленного из фанеры или стальной пластины толщиной 2мм. Отклонение овальности корпуса сосудов не должна превышать 1% [8].

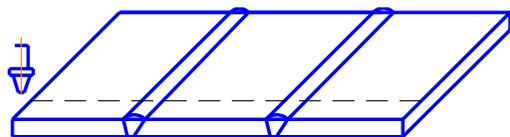


Рисунок 2.3- Схема резки

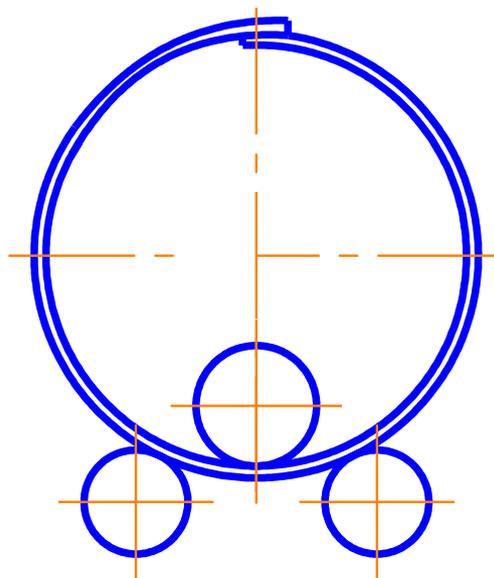


Рисунок 2.4- Схема вальцовки

2.5 Сварка обечайки

После вальцовки, согнутая обечайка укладывается на стенд типа 30М стыком вниз. Свариваемые кромки и поверхность стыков с двух сторон перед сваркой зачищаются от окисной пленки и прочих загрязнений на ширину не менее 20 мм. Кромки не должны иметь следов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Сначала внутри обечайки производится прихватка кромок и после их зачистки обечайка переворачивается стыком вверх, где осуществляется сварка корня шва аналогично сварке полотнищ покрытым электродом ОЗС-8, диаметром 3мм. Ток сварки равен 50-70А, при прямой полярности. Питание сварочной дуги осуществляется от сварочного выпрямителя типа ВКСМ – 1000 и балластного реостата РБ – 300. После зачистки шва от шлака, обечайка опять поворачивается стыком вниз, где с торца от стыка привариваются технологические пластины для начала и окончания шва. Затем осуществляется автоматическая сварка под флюсом. Режимы сварки: ток 450 – 550А, напряжение дуги 28 – 38В, скорость сварки 50 -54 м/час. Для сварки используется сварочная проволока Св08Х18Н10Т диаметром 4 мм и

флюс 48-ОФ-6. Источник питания применяется тот же, что и для прихваток и для сварки корня шва - ВКСМ – 1000, только без балластного реостата. Для сварки применяется автомат типа ТС-17С, который перемещается внутри обечайки вдоль стыка. Шов должен соответствовать ГОСТ 8713-79 и размерам С21 АФк, что означает разделка и автоматическая сварка под флюсом с предварительной подваркой корня шва (рис.2.2). Ширина шва 20 мм с отклонениями ± 4 мм, высота усиления шва 2 мм с отклонениями +1, -1,5 мм [9]. Выводные пластины после сварки срезаются газовой резкой. Поверхности деталей следует очищать от брызг металла, полученных в результате сварки.

Следующей операцией является контроль качества сварного соединения. После визуального контроля размеров сварного шва, производится его рентген контроль. После сборки и сварки обечайки корпус (без днищ) должен удовлетворять следующим требованиям [8]:

а) отклонение по длине не более $\pm 0,3\%$ номинальной длины, но не более ± 75 мм;

б) отклонение от прямолинейности не более 2 мм на длине 1 м. Если выявляются дефекты, то эти места шва вырезаются ручной шлифовальной машинкой с абразивным кругом, затем перевариваются ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

2.6 Сборка обечайки с днищами

Сборка обечайки, с двумя ранее изготовленными днищами, осуществляется на стенде 30Б. Смещение кромок листов, в стыковых соединениях, определяющих прочность сосуда, не должно превышать $B = 0,1S$, но не более 3 мм (S - наименьшая толщина свариваемых листов) [8].

2.7 Сварка обечайки с днищами

Сварка обечайки с днищами производится аналогичным образом, как и сварка полотнищ. Сначала внутри емкости сваривается корень шва ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. Затем снаружи сваривается второй

швов автоматической сваркой под флюсом. При сварке снаружи автомат устанавливается на колонне над емкостью сверху, скорость задается скоростью вращения емкости на роликовых опорах. Режимы сварки первого и второго шва аналогичны режимам при сварке корпуса обечайки.

Для предотвращения холодных трещин сварочные работы при изготовлении сосудов (сборочных единиц, деталей) производятся при положительных температурах в закрытых отапливаемых помещениях.

Сварку корпусов и приварку к ним деталей сосудов, следует проводить аттестованными сварщиками.

Усиления кольцевых и продольных швов на внутренней поверхности корпуса следует зачищать в местах, если они мешают установке внутренних устройств. Все сварные швы подлежат клеймению, позволяющему установить сварщика, выполнявшего эти швы.

Клеймо наносится на расстоянии 20 - 50 мм от кромки сварного шва с наружной стороны. Место клеймения заключается в хорошо видимую рамку, выполняемую несмываемой краской [8].

2.8 Контроль

Заусенцы следует удалять, а острые кромки деталей и узлов притуплять. В сварочных соединениях не допускаются следующие наружные дефекты:

- трещины всех видов и направлений;
- свищи и пористость наружной поверхности шва;
- подрезы;
- наплавы, прожоги и не заваренные кратеры;
- смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше предусмотренных норм;
- несоответствие формы и размеров требованиям стандартов, технических условий или проекта;

поры, выходящие за пределы установленных норм;
чешуйчатость поверхности и глубина впадин между валиками шва, превышающие допуск на усиление шва по высоте.

Допускаются местные подрезы, их глубина не должна превышать 5% толщины стенки, но не более 0,5 мм, а протяженность - 10% длины шва.

После визуального осмотра и зачистки сварных швов производят испытания давлением воздуха, для чего все отверстия емкости закрываются технологическими заглушками, устанавливается манометр, в расширитель подается воздух давлением 0,2 атмосферы, затем все сварные соединения промазываются мыльным раствором. Контроль проводится в течение 15 минут, при выявлении утечек воздуха, места дефектов разделяются и завариваются.

3 Оборудование для изготовления емкости для питательной воды

Для сварки полотнищ выбираем сварочный источник питания ВКСМ-1000 (рис. 3.1) и сварочный трактор ТС-17С (рис. 3.2). Техническая характеристика сварочного выпрямителя ВКСМ-1000 приведена в таблице 3.1. Так как сварочный выпрямитель имеет жесткую вольт-амперную характеристику (ВАХ), а первоначально производится прихватка листов ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, для чего ВАХ должна быть падающая. Поэтому для формирования падающей ВАХ последовательно в сварочную цепь включается балластный реостат (РБ). Затем для сварки корня шва используется тоже сварочное оборудование на тех же режимах.

Затем производится сварка под флюсом от того же сварочного выпрямителя ВКСМ-1000, но без балластного реостата. Для этого процесса применяется сварочный трактор ТС-17С (рис.3.2). Техническая характеристика приведена в таблице 3.2.

Для сварки обечайки емкости выбирается следующее оборудование:

- роликовый стенд модели Т-30Б изображен ниже на рис. 3.3;
- велосипедная тележка со сварочной головкой (рис.3.4);
- источник питания ВКСМ-1000 (рис.3.1).

3.1 Сварочный выпрямитель ВКСМ-1000

Отечественной промышленностью выпускаются сварочные выпрямители ВКСМ-1000 с номинальным током 1000 А, имеющие жесткую вольтамперную характеристику, поэтому применяются для сварки плавящимися проволоками в защитном газе или под слоем флюса. Выпрямители такого типа можно использовать как многопостовые для сварки покрытыми электродами, но для создания падающей вольтамперной характеристики в сварочную цепь последовательно должен включаться балластный реостат типа РБ [13].

Выпрямитель имеет металлический корпус в котором установлены сва-

рочный трансформатор, трехфазный выпрямительный мост собранный на кремневых диодах с охлаждающими радиаторами обдуваемые вентилятором (рис.3.1).



Рисунок 3.1- Сварочный выпрямитель ВКСМ-1000

Таблица 3.1- Основные параметры выпрямителя ВКСМ-1000

Основные характеристики	
Напряжение питания, В	380
Номинальный сварочный ток, А	1000
Номинальное напряжение х. х., В	70
Рабочее напряжение, В	60, 30
Вес	650 кг

Трансформатор питающий от трехфазной сети, выполнен следовательно трехстержневым. Первичные и вторичные обмотки изготовлены из алюминиевых проводов.

Выпрямительный блок собран по шести кремниевых вентилей типа ВК-2-200, соединенных по трехфазной схеме выпрямления.

На лицевой панели управления размещены измерительные приборы и пусковые кнопки.

3.2 Сварочный трактор ТС-17С

- Для сварки продольных швов корпуса емкости выбран сварочный трактор ТС-17С (рис.3.2) позволяющий производить автоматическую сварку прямолинейных швов электродной проволокой под слоем флюса. Автомат имеет ступенчатую регулировку скоростей подачи электродной проволоки и скорости перемещения тележки. Подача сварочной проволоки сплошного сечения и перемещение вдоль стыки происходит автоматически, после включения кнопки пуск [14]. Трактор может производить сварку стыковых или угловых соединений как с разделкой так и без разделки кромок с использованием специальных направляющих устройств. В процессе сварки трактор передвигается по самому свариваемому изделию или по направляющим, расположенным параллельно стыку. При сварке листов корпуса емкости, толщиной 12 мм трактор будет двигаться по кромкам самого изделия

Сварочный трактор ТС-17С имеет возможность изменять диаметр сварочной электродной проволоки, за счет смены наконечников (табл.3.2). Для сварки корпуса емкости выбрана проволока диаметром 4 мм.

Таблица 3.2 -Технические характеристики сварочного автомата ТС-17С

Наименование характеристики	Значение
Питающая сеть, В (при частоте 50Гц)	3x380
Номинальный сварочный ток, А	1000 (100%)
Диаметр электродной проволоки, мм	3-5
Диапазон регулирования скорости подачи проволоки, м\ч	52-403
Скорость сварки, м\ч	16-126
Диапазон наклона сварочной головки, град	± 45°
Мощность электроприводов, Вт	370
Ширина колеи, мм	262

Вес проволоки, кг	15
Объем бункера для флюса, л, не менее	6
Масса трактора, без проволоки и флюса, кг	48
Габаритные размеры, мм	715x370x600



Рисунок 3.2- Сварочный трактор ТС-17С

Анализируя приведенные характеристики можно сделать вывод, что сварочный трактор ТС-17С можно применить для сварки плоских листов толщиной 12 мм встык для корпуса емкости.

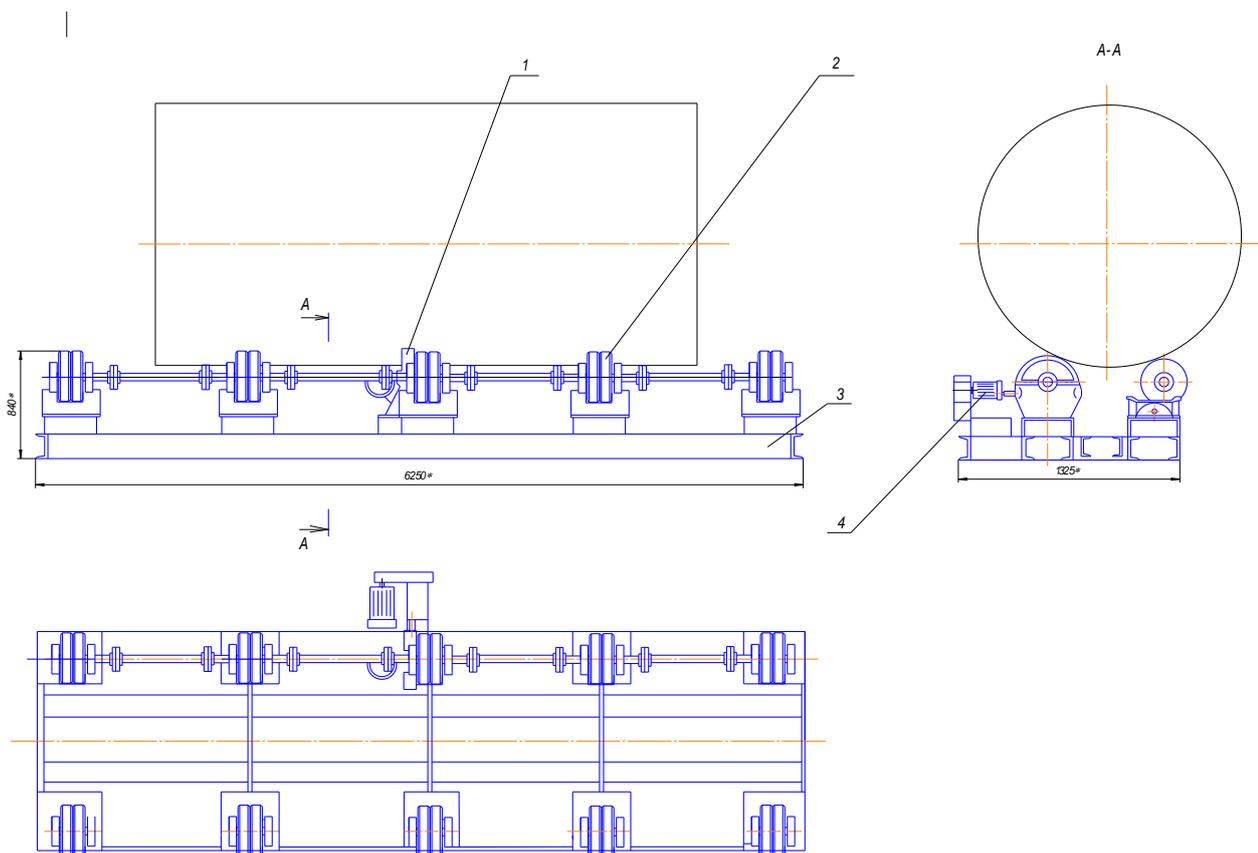
3.3 Роликовый стенд Т-30Б

Известен роликовый стенд (рис.3.3) позволяющий вращать цилиндрические изделия при автоматической сварке диаметром от 1000 до 3300 мм. Так как обечайка корпуса емкости имеет диаметр 2500 мм, то данный стенд выбран для изготовления корпуса емкости.

Таблица 3.3- Характеристика вращателя Т-30Б

1. Масса изделия, кг	10 000
----------------------	--------

2. Масса на одну роликовую опору, кг	1300
3. Скорость сварки, м/ч	24-96
4. Диаметр обечайки, мм	1000-3300
5. Маршевая скорость, м/мин	



1- ролик приводной, 2-ролик промежуточный, 3-рама станда,
4- электро привод

Рисунок 3.3- Роликовый станд Т-30Б

Основными узлами роликового станда Т-30Б являются приводной ролик 1, подключенный к электроприводу 4. Станд имеет промежуточные ролики 2. Все ролики закреплены на раме 3. Приводные ролики связаны между собой общим валом. Привод имеет два электродвигателя: постоянного тока для вращения со сварочной скоростью и переменного тока для вращения с маршевой скоростью.

Роликовый стенд будет использоваться при сварке продольного шва корпуса емкости, как подставка для размещения обечайки, без использования вращающихся возможностей стенда. На стенде будет происходить подгонка кромок и прихватка, сварка корня шва. Основное назначение стенда как вращающегося механизма можно использовать при сварке днищ корпуса емкости.

3.4 Сварочные установки консольного типа

Сварочные установки консольного типа (сварочные колонны) изготовлены универсальными, т.к. позволяют выполнять несколько различных функций технологического процесса. Данное оборудование оснащено новейшей системой числового программного управления обеспечивающего высокоточную сварку швов сложной конфигурации.

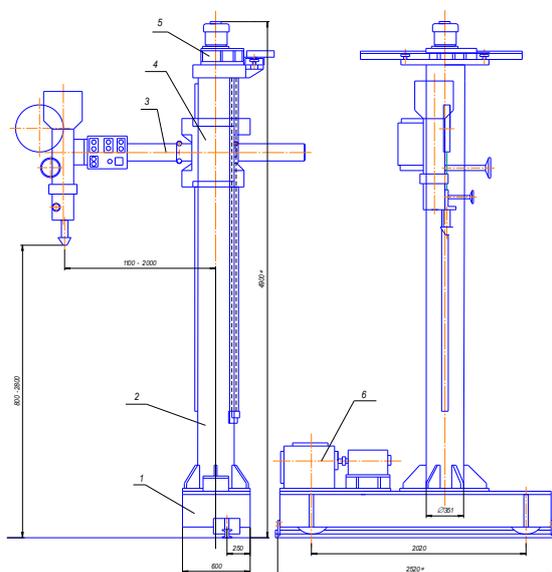
На консольной сварочной установке можно закрепить различные головки как для сварки в среде защитного газа, инертного или углекислого так и для сварки под слоем флюса. В настоящее время такие сварочные установки широко применяются для изготовления котлов, резервуаров, металлоконструкций и деталей машиностроения, а также в судостроении и строительстве.

Рассмотрев множество альтернативных вариантов, приходим к заключению, что ни одно из имеющихся решений не подходит нам в полной мере. Поэтому для качественного изменения условий производства корпуса емкости необходимо разработать такое оборудование для сварки продольного и кольцевых его стыков, которое обеспечит автоматизацию этой операции технологического процесса и поднимет технологический процесс на новый уровень.

Из всех имеющихся решений наиболее совершенным вариантом является использование сварочной установки консольного типа (велосипедной тележки) [12]. Такая система позволяет легко автоматизировать процесс изготовления обечайки. Поэтому для сварки продольного и кольцевых стыков

корпуса емкости следует разработать автоматизированное сварочное оборудование по принципу сварочной колонны, оснащенное, в том числе, приводными роликами, подвесным автоматом. Главным же отличительным признаком проектируемого оборудования будет возможность его изготовления в наших заводских условиях, буквально из материалов и комплектующих, уже имеющихся на предприятии, с минимальным использованием узлов и деталей, закупаемых извне. Такой подход представляется наиболее целесообразным.

Известна сварочная установка велосипедная тележка (рис. 3.4) которая позволяет производить автоматическую сварку прямолинейных продольных швов, а также кольцевых швов цилиндрических изделий диаметром 1100-2000 мм. Поэтому эту установку применяем для сварки прямого шва корпуса емкости.



1-платформа, 2-колонна, 3-выдвижная штанга, 4-каретка,
5-подъемный механизм, 6-привод

Рисунок 3.4- Велосипедная тележка ВТ-1 со сварочной головкой

Ролики двигающиеся по верхнему направляющему рельсу, служат для предотвращения тележки от опрокидывания.

После гибки, обечайку укладывают на роликовый стенд (рис.3.3), на котором производится подгонка кромок и прихватка ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. После проверки точности сборки шаблоном, на роликовом стенде, производится сварка корня шва (рис.3.5) покрытыми электродами.

Таблица 3.4 -Технические данные велосипедной тележки

1. Максимальный вылет штанги до оси электрода, мм	
- максимальный	2000
2. Диапазон уровня сварки, мм	
- максимальная	2800
- минимальная	800
3. Скорость тележки, м/ч	19-70
4. Маршевая скорость, м/мин	13
5. Скорость перемещения каретки, м/мин	2
6. Габаритные размеры велотележки, мм	
-длина	2520
-ширина	2380
-высота	4900
7. Масса, кг	2500

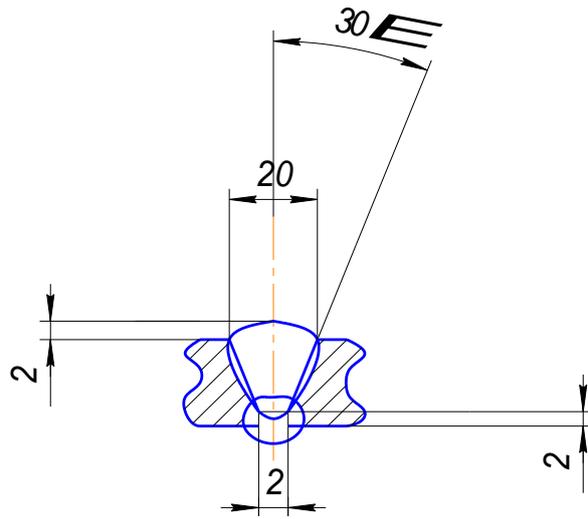


Рисунок 3.5- Сварной шов обечайки

4 Безопасность и экология технического объекта

На химических предприятиях при производстве аммиака, карбамида, метанола используются емкости из высоколегированных сталей, предназначенные для хранения питательной воды, используемой для охлаждения, промывки агрегатов и аппаратуры. Возросшая потребность в аммиаке, требует большого количества емкостей. С целью снижения трудоемкости предложен технологический процесс автоматического способа сварки емкости.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика процесса

В процессе изготовления емкости выполняются различные технологические операции сначала сборка и сварка полотнищ для последующего изготовления из них емкости с использованием резки заготовки корпуса по размерам, гибки обечайки, сборки, сварки и контроля.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт процесса изготовления емкости

№ п/п	Операция процесса	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, выполняющего операцию	Применяемое оборудование	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Подготовка кромок листов	Механическая зачистка кромок	Слесарь	Зачистная машинка	Щетка
2	Сборка листов в полотнище	Сварка на прихватках	Слесарь, сварщик	Источник для сварки	Электроды
3	Сварка листов в полотнище	Сварка в два прохода	Сварщик	Источник, сварочный автомат	Сварочная проволока, флюс
4	Контроль	Визуальный и измерительный контроль, ультразвуковой	Контролер	Лупа, дефектоскоп ДУП-66ПМ	-
5	Гибка	Придание формы обечайки	Слесарь	Вальцы	-

Продолжение таблицы					
1	2	3	4	5	6
6	Сборка обечайки с прихватками	Подгибка и фиксация кромок обечайки	Слесарь, сварщик	Стенд, источник сварочного тока	Щиток, электроды
7	Сварка корпуса обечайки	Сварка в два прохода	Сварщик	Стенд, источник сварочного тока, автомат сварочный	Электроды, флюс сварочный
8	Зачистка	Механическая зачистка поверхности шва	Слесарь	Зачистная машинка	Щетка
9	Контроль	ВИК, УЗК	Контролер	Лупа, дефектоскоп ДУК-66ПМ	-

4.2 Сравнение опасностей объекта

При проведении работ с устройствами по изготовлению корпуса емкости возможно получение различных травм. Во время зачистки можно получить травмы рук, глаз от искр счищенного металла, поэтому все участки тела должны быть хорошо защищены щитком и специализированной одеждой, обувью. Это может произойти в результате не соблюдения правил безопасности. Не защищенные участки тела могут получить ожоги от счищенного острого и горячего металла, от брызг, окалины при сварке и зачистке.

При прихватках и сварке корня покрытыми электродами, есть опасность получения светового излучение глаз от сварочной дуги. При расплавлении металла и флюса возможно токсическое воздействие на органы человека.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Операция технологического процесса	Опасность и вредность при операции процесса	Причина опасного фактора
1	Механическая зачистка кромок до сварки и после сварки	Попадание грязи, окалины, искр металла в глаза	Счищенный металл и грязь
2	Сварка на прихватках, сварка в два прохода	Ожоги частей тела, яркий свет	Сварочные дуги, брызги металла
3	Придание формы обечайки	Возможно прижатие частей тела или одежды	Вращение валков

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения опасных и вредных воздействия

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Попадание грязи, окалины, искр металла в глаза	Спецодежда, не поворачивать в сторону людей потоком искр	Защитные очки, перчатки
2	Ожоги частей тела, яркий свет	Защитные шторы, не смотреть на открытую дугу	Спец одежда, щиток
3	Возможно прижатие	Не заходить за ограждение	Не подходить к

тие частей тела или одежды		месту гиба
-------------------------------	--	------------

4.4 Пожарная и техногенная опасности предложенного процесса

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, под- разделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутству- ющие прояв- ления факто- ров пожара
1	Место сварки	Источник питания сва- рочных дуг ВКСМ-1000	Е	Тепловой поток, пламя, искры, брызги	Не допусти- мость горю- чих веществ на месте сварки

Пожарная безопасность при прихваточных и сварочных работах обеспечивается соблюдением правил работы на сварочных установках, которые могут быть источниками воспламенения горючей среды. Особенно следует обратить внимание на температуру нагрева поверхности изделий и материалов, которые могут случайно войти в контакт с горючей средой. Применяемые на участке сварки технические средства обеспечения пожарной безопасности проанализируем в таблице 4.5

4.5 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства по- жаротушения	Мобильные средства по- жаротушения	Стационарные установки систе- мы пожаротуше- ния	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудо- вание
Вода, ведро	Огнетушитель	Асбестовое по-	Огнетуши-	Пожарные

		лотно, полог	тель	рукава
--	--	--------------	------	--------

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	Инструктаж рабочих правилам безопасности при пожаре, наглядная агитация и проведение учений пожарной безопасности	На рабочих местах необходимо иметь первичные средства пожаротушения, защитные экраны от разлета искр

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функционально-	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды,	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, вы-
--	---	---	---	---

	му назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	воздушную окружающую среду)	забор воды из источников водоснабжения)	емка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка полотнош и обечайки патрубка	Источник питания для сварочной дуги	Газообразные частицы, сажа	Вода не используется	Почва не загрязняется, остатки мех обработки собираются

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка корпуса емкости
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Не используется
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Остатки мех обработки собираются на полог
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка дополнительных контейнеров для сбора металлолома с надписями

4.6 Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экология технического объекта» был приведен перечень выполняемых операций, даны характеристики операций технологического процесса и применяемое сборочное и сварочное оборудование, расходные вещества и материалы которые необходимы для сварки листов в полотнище и сварки обечайки корпуса емкости. Таким образом, использование стандартных средств защиты и соблюдение правил безопасности обеспечит безопасность работников при выполнении всех операций предложенного технологического процесса.

5 Экономическая эффективность

В бакалаврской работе предложена технология сборки – сварки емкости для питательной воды из высоколегированной стали. По базовому варианту сваривают ручной дуговой сваркой штучными покрытыми электродами типа Э-42А марки УОНИ 13/55, диаметром 4 мм.

В проектном варианте применяется автоматическая дуговая сварка под флюсом. Для сварки используется сварочная проволока Св08Х18Н10Т диаметром 4 мм и флюс 48-ОФ-6.

Целью работы является снижение затрат на сварку емкости для питательной воды. Расчет велся по изменяющимся статьям затрат на изменяющиеся операции техпроцесса. Так как по базовому и проектному варианту изменяется только сам процесс сварки, подготовительно – заключительные операции остались без изменения. В экономическом разделе считаем только затраты на сварку емкости для воды.

5.1 Исходные данные для экономического расчета

Таблица 1- Исходные данные для расчета

№	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение, вар.	
				Базовый	Проект.
1	2	3	4	5	6
2	Разряд рабочего	Р.р.		IV	IV
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Р/час	200,0	200,0
4	Коэф. отчислений на доп. з/пл	Кдоп.	%	12	12
5	Коэф. доплат к основной з/пл	Кд.		1,88	1,88
6	Норма амортизации на площади	На.пл.	%	5	5
7	Страховые взносы в фонды	Ксс	%	30	30
8	Стоим. эксп. площадей	Сэксп.	(Р/м ²)/год	2000	2000
9	Цена приобретения площадей	Цпл.	Р/м ²	3000	3000
10	Площадь, занимаемая обо-	S	м ²	40	40

	рудованием				
11	Коэф транспортно-заготовит. расходов	Кт -з	%	5	5
12	Стоимость э-энергии	Цэ-э	Р/ кВт	3,4	3,4
13	Коэф-т выполн. нормы	Квн	-	1,1	1,1
14	Нормативный коэф. эффективности доп.кап.вл.	Ен	-	0,33	0,33
15	Цеховые расходы	Кцех	-	2,15	2,15
16	Заводские расходы	Кзав	-	1,5	1,5
17	Скорость сварки	v _{св}	м/ч	20	50
18	Длинна сварного шва	l _ш	м	57,8	57,8
19	Количество проходов	n _{пр}		2	1
20	Коэффициент т-з. расходов	Ктз	-	1,05	1,05
21	Нормативный коэф. экономической эффективности дополнительных кап. вложений	Е _н	—	0,33	0,33
22	Стоимость сварочной проволоки	Цпр	руб/кг		47
23	Стоимость флюса	Цфл	руб/кг		50
24	Стоимость покрытых электродов	Ц _{СО2}	руб/кг	53	
25	Стоимость оборудования	Цоб	руб	40000	162700
26	Норма амортизации на оборудование	На	%	21,1	21,1
27	Коэффициент на монтаж, демонтаж оборудования	Км, Кдем		3	5
28	Коэф. цеховых расходов	К _{цех}	%	150	150
29	Коэф. заводских расходов	К _{зав}	%	115	115

5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

5.2.1. Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_H = (D_p * T_{см} - D_{п} * T_{п}) * C ,$$

где D_p – количество рабочих дней в году;

$T_{см}$ – продолжительность смены;

$T_{п}$ – количество часов, на которые сокращается смена в пред-
праздничные дни;

$D_{п}$ – количество предпраздничных дней;

C – количество смен.

$$F_H = (277 * 8 - 7 * 1) * 2 = 4418 \text{ ч.}$$

5.2.2. Эффективный фонд времени работы оборудования

$$F_э = F_H * (1 - B/100) ,$$

где B – плановые потери рабочего времени.

$$F_э = 4418 * (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

5.3 Расчёт нормы времени на сварку емкости для воды и эффективного времени работы оборудования

Расчёт норм времени ведётся по формуле:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} ,$$

где $t_{маш}$ – машинное время, рассчитывается по тех. процессу;

$$t_{маш} = l_{шв} / v_{св}$$

где $v_{св}$ – скорость сварки, м/час,

$l_{шв}$ – длина сварного шва

$$t_{машБ} = 57,8/20 = 2,89 \text{ час.}$$

$$t_{машПр} = 57,8/50 = 1,16 \text{ час.}$$

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслужив. рабочего места, $t_{обсл} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

Расчет произведем в табличной форме:

$$t_{шт Б} = 2,89 + 0,289 + 0,289 + 0,145 + 0,029 = 3,642 \text{ час.}$$

$$t_{шт пр} = 1,16 + 0,116 + 0,116 + 0,058 + 0,012 = 1,454 \text{ час.}$$

5.4 Определение годовой программы и коэффициента загрузки

Так как на участке имеется известное количество оборудования, рассчитываем годовую программу.

$$Пг = Fэ / T_{шт},$$

где $Fэ$ – эффективный фонд времени работы оборудования

$T_{шт}$ – штучное время ремонта

$$Пг.б. = 4108 / 3,642 = 1127 \text{ шт.}$$

$$Пг.пр. = 4108 / 1,454 = 2825 \text{ шт.}$$

Для расчетов принимаем $Пг$ 1000 шт. Для этой годовой программы рассчитаем коэффициент загрузки оборудования.

5.5 Определение необходимого оборудования

$$n_{расч} = \frac{t_{шт} * Пг}{Fэ * K_{вн}}$$

где $t_{шт}$ – штучное время;

$Пг$ – годовая программа выпуска изделий;

$Fэ$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{расч.б} = \frac{3,642 * 1000}{4108 * 1,1} = 0,8 \text{ ед.}$$

$$n_{расч.пр} = \frac{1,454 * 1000}{4108 * 1,1} = 0,32 \text{ ед.}$$

5.6 Коэффициент загрузки оборудования

$$Kз = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество оборудования

$$Kзб = 0,8/1 = 0,8$$

$$Kзп = 0,32/1 = 0,32$$

5.7 Расчет заводской себестоимости сварки по сравниваемым вариантам

Расчет затрат на материалы по базовому и проектному вариантам

$$M = Ц_{\text{м}} * N_{\text{р}} * K_{\text{т-з}} - Ц_{\text{отх}} * N_{\text{ротх}}$$

где $Ц_{\text{м}}$ – стоимость материала;

$N_{\text{р}}$ – норма расхода материала;

$K_{\text{т-з}}$ – коэф. транспортно-заготовительных расходов.

Норма расхода основного материала не изменяется, поэтому рассчитаем только затраты на вспомогательные материалы.

Затраты на вспомогательные материалы:

а). Затраты на электродный сварочный материал:

$$M_{\text{эл.}} = Ц_{\text{эл.}} \cdot N_{\text{рэл.}}$$

$N_{\text{рэл.}}$ – норма расхода электродов (кг).

Норму расхода электродов и электродной проволоки, т.е. сварочных материалов определяют по формуле:

$$N_{\text{рэл.}} = Y \cdot L;$$

где $Y=0,33\text{кг/м}$ – удельная норма расхода сварочных материалов на длину шва по стандартам предприятия (для базового и проектного вариантов);

L – длина сварного шва 57,8м.

$$N_{\text{рэл.б.}} = 0,33 * 57,8 = 19,07\text{кг}$$

$$N_{\text{рэл.пр.}} = 0,33 * 57,8 = 19,07\text{ кг}$$

$$M_{\text{эл.б.}} = 53 * 19,07 = 1011,24\text{ руб.}$$

$$M_{\text{эл.пр.}} = 47 \cdot 19,07 = 896,29 \text{ руб.}$$

б) Затраты на флюс 48-ОФ-6:

$$M_{\text{ф.пр}} = 50 \cdot 12 = 600 \text{ руб.}$$

Итого затраты на вспомогательные материалы:

$$M = M_{\text{всп}},$$

$$M_{\text{Б}} = 1011,24 \cdot 1,05 = 1061,8 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{пр}} = (896,29 + 600) \cdot 1,05 = 1571,1 \text{ руб.}$$

5.8 Фонд оплаты труда основных производственных рабочих

Для изготовления изделия требуется бригада из 2 человек

ФОТ складывается из основной и дополнительной заработной платы.

Основная заработная плата.

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной заработной плате

$$Z_{\text{оснБ}} = 3,642 \cdot 200,0 \cdot 1,88 \cdot 2 = 2738,784 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{оснБпр}} = 1,454 \cdot 200,0 \cdot 1,88 \cdot 2 = 1093,408 \text{ руб.}$$

б) Дополнительная заработная плата

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на дополнительную заработную плату

$$Z_{\text{допБ}} = 2738,784 \cdot 12 / 100 = 328,65 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доппр}} = 1093,408 \cdot 12 / 100 = 131,2 \text{ руб.}$$

$$\text{ФОТБ} = 2738,784 + 328,65 = 3067,438 \text{ руб.};$$

$$\text{ФОТпр} = 1093,408 + 131,2 = 1224,608 \text{ руб.}$$

5.9 Отчисления на социальные нужды

$$O_{cc} = \text{ФОТ} * K_{cc} / 100,$$

где K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды.

$$O_{ccb} = 3067,438 * 30 / 100 = 920,23 \text{ руб.}$$

$$O_{ccpr} = 1224,608 * 30 / 100 = 367,38 \text{ руб.}$$

5.10 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э},$$

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – расходы на электроэнергию;

а) Амортизация оборудования:

$$A_{об} = \frac{C_{об} * N_a * t_m}{F_{э} * 100}$$

где $C_{об}$ – стоимость оборудования;

N_a – норма амортизации оборудования.

$$A_{обб} = \frac{40000 * 21,1 * 2,89}{4108 * 100} = 5,93 \text{ руб.}$$

$$A_{обпр} = \frac{162700 * 21,1 * 1,16}{4108 * 100} = 9,69 \text{ руб.}$$

б) Расходы на электроэнергию:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} * t_{шт} * C_{э-э}}{КПД}$$

где $M_{уст}$ – мощность установки;

$C_{э-э}$ – стоимость электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия

$$P_{э-эб} = \frac{16 * 2,89 * 3,4}{0,8} = 196,52 \text{ руб.}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{24,5 * 1,16 * 3,4}{0,85} = 113,68 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оборудование составят:

$$Зобб = 5,93 + 196,52 = 202,45 \text{ руб.}$$

$$Зобпр = 6,69 + 113,68 = 120,37 \text{ руб.}$$

5.11 Затраты на содержание и эксплуатацию площадей

$$З_{ПЛ} = Р_{ПЛ} + А_{ПЛ},$$

где $Р_{ПЛ}$ – расход на эксплуатацию и содержание площадей;

$А_{ПЛ}$ – амортизация площадей.

а) Расход на содержание площадей

$$Р_{ПЛ} = \frac{С_{ЭКСПЛ} * S * t_{ШГ}}{F_{Э}},$$

где $С_{ЭКСПЛ}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

$$Р_{ПЛЬ} = \frac{2000 * 40 * 3,643}{4108} = 53,19 \text{ руб}$$

$$Р_{ПЛПР} = \frac{2000 * 40 * 1,454}{4108} = 28,31 \text{ руб}$$

б) Амортизация площади

$$А_{ПЛ} = \frac{Ц_{ПЛ} * Na_{ПЛ} * S * t_{ШГ}}{F_{Э} * 100},$$

где $Na_{ПЛ}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{ПЛ}$ – стоимость приобретения площадей

$$А_{ПЛЬ} = \frac{3000 * 5 * 3,642 * 40}{4108 * 100} = 5,32 \text{ руб}$$

$$А_{ПЛПР} = \frac{3000 * 5 * 1,454 * 40}{4108 * 100} = 2,12 \text{ руб}$$

$$З_{ПЛЬ} = 53,19 + 5,32 = 58,51 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПР} = 28,31 + 2,12 = 30,43 \text{ руб.}$$

Общие расходы на оборудование и площади:

$$Робщ = Зоб + Злп$$

$$Робщ б = 202,45 + 58,51 = 260,96 \text{ руб.}$$

$$Робщ б = 120,37 + 30,43 = 150,8 \text{ руб.}$$

5.12 Технологическая себестоимость

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФОТ} + \text{Осс} + P_{\text{Общ}}$$

$$C_{\text{ТЕХб}} = 1061,8 + 3062,438 + 920,23 + 260,96 = 5305,43 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХпр}} = 1571,1 + 1093,408 + 367,38 + 150,8 = 3182,69 \text{ руб.}$$

5.13 Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} * K_{\text{ЦЕХ}}$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов

$$C_{\text{ЦЕХб}} = 5305,43 + 1,5 * 2738,784 = 2393,35 + 4108,18 = 9413,61 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХпр}} = 3182,688 + 1,5 * 1092,408 = 2098,27 + 1638,61 = 4821,3 \text{ руб.}$$

5.14 Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} * K_{\text{ЗАВ}}$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов

$$C_{\text{ЗАВб}} = 9413,61 + 1,15 * 2738,784 = 3606,21 + 3149,6 = 12563,21 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВпр}} = 4821,3 + 1,15 * 1093,408 = 2581,29 + 1257,42 = 6078,72 \text{ руб.}$$

5.15 Калькуляция заводской себестоимости сварки емкости для воды

Таблица 5.2 – Калькуляция себестоимости

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			Баз. в.	Проект.в.
1	Материалы	М	1061,8	1571,1
2	Фонд оплаты труда	ФОТ	3067,44	1224,61
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	920,23	367,38
4	Общие расходы на оборудование и на площади	Робщ	260,96	150,8
	Себестоимость технологическая	Стех	5305,49	3182,69
5	Расходы цеховые	Рцех	4108,18	1638,61

	Себестоимость цеховая	Сцех	9413,61	4821,3
6	Расходы заводские	Рзав	3149,6	1257,42
	Себестоимость заводская	Сзав	12563,21	6078,72

5.16 Расчет капитальных затрат

5.14.1. Расчет общих капитальных затрат

Капитальные затраты по базовому варианту:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = C_{\text{ОБ.Б}} * K_{\text{З.Б.}},$$

где $K_{\text{З}}$ – коэффициент загрузки оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость с учетом срока службы (руб);

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} * T_{\text{СЛ}} * N_{\text{А}} / 100),$$

где $C_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения оборудования (руб)

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы оборудования на момент выполнения дипломного проекта (лет);

$N_{\text{А}}$ – норма амортизации оборудования (%).

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = 400000 - (40000 * 3 * 21,1 / 100) = 14680 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩБ}} = 14680 * 0,8 = 11156,8 \text{ руб.}$$

Общие капитальные затраты по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{СОПР}},$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – капитальные вложения в оборудование;

$K_{\text{СОП}}$ – сопутствующие капитальные вложения.

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} * K_{\text{Т-З}} * K_{\text{ЗБ}}$$

$$K_{\text{ОБПР}} = 162700 * 1,05 * 0,32 = 54667,2 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – затраты на демонтаж базового оборудования;

$K_{\text{МОНТ}}$ – затраты на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} * K_{\text{ДЕМ}}$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на демонтаж.

$$K_{\text{ДЕМ}} = 11156,8 * 0,05 = 557,84 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} * K_{\text{МОНТ}},$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж проектного оборудования.

$$K_{\text{МОНТ}} = 54667,2 * 0,05 = 2733,36 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 557,84 + 2733,36 = 3291,2 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 54667,2 + 3291,2 = 57958,4 \text{ руб.}$$

5.17 Дополнительные капитальные вложения:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}$$

$$K_{\text{ДОП}} = 57958,4 - 11156,8 = 46801,6 \text{ руб.}$$

5.18 Удельные капитальные вложения:

$$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / П_{\text{Г}},$$

где $П_{\text{Г}}$ – годовая программа выпуска.

$$K_{\text{УДБ}} = 11156,8 / 1000 = 1,11 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{УДПР}} = 57958,4 / 1000 = 57,96 \text{ руб.}$$

5.19 Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии

5.20 Показатель снижения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГ1}} - t_{\text{ШГ2}}}{t_{\text{ШГ1}}} \cdot 100\%$$

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{3,642 - 1,454}{3,642} \cdot 100\% = 60\%$$

5.21 Показатель снижения технологической себестоимости

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХ1}} - C_{\text{ТЕХ2}}}{C_{\text{ТЕХ1}}} \cdot 100\%$$

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{5305,43 - 3182,68}{5305,43} \cdot 100\% = 40\%$$

5.22 Условно-годовая экономия

$$\begin{aligned} \text{Э}_{у.г.} &= (C_{ЗАВБ} - C_{ЗАВ.ПР}) \cdot Пг \\ \text{Э}_{у.г.л.} &= (12563,21 - 6078,72) \cdot 1000 = 6484490 \text{руб.} \end{aligned}$$

5.23 Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{OK} = \frac{K_{ДОП}}{\text{Э}_{УГ}}$$

$$T_{OK} = \frac{46801}{6484490} = 0,5 \text{года}$$

5.24 Годовой экономический эффект

$$\begin{aligned} \text{Эг} &= \text{Э}_{у.г.} - E_n \cdot K_{доп} \\ \text{Эг} &= 6484490 - 0,33 \cdot 46801,6 = 6469045,47 \text{руб.} \end{aligned}$$

Выводы

При внедрении проектной технологии сварки емкости для питательной воды из высоколегированной стали, трудоемкость снижается на 60 %, при этом технологическая себестоимость снижается на 40 %. Условно-годовая экономия составит 1584480 рублей.

Для внедрения проектной технологии необходимы дополнительные капитальные вложения в размере 44801 руб., которые окупятся через 0,5 года. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 646904 руб.

Следовательно, можно сделать вывод, что предлагаемая технология экономически эффективна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в бакалаврской работе рассмотрен, базовый и проектный вариант. За базовый вариант принята была ручная дуговая сварка покрытым электродом, а за проектный вариант - автоматическая сварка под флюсом. Следовательно, применение разработанной технологии и оборудования для изготовления корпуса емкости позволит снизить трудоемкость процесса, за счет внедрения автоматической сварки под флюсом. Уменьшается время изготовления емкости, вследствие чего уменьшается трудоемкость при изготовлении, что и являлось целью работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов: Справочник./Под ред. В.Г. Соркина (и др.) - М.Машиностроение,1989-640с.
2. Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика. -М.: Машиностроение, 1985.-256.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др.- М: Машиностроение, 1979- Т.4/ под ред. Ю.Н. Зорина. 1979. 512с.
4. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др. - М.: Издательский центр Академия. 2000.
5. Заводская документация ОАО «Азотреммаш».
6. Сварка и свариваемые материалы / Под ред. В.Н. Волоченко. том 2. М.: 1997. 572 с.
7. ПБ 03-584-03. Правила проектирования и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных.
8. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. М.: Издательство стандартов. 68с.
9. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. Пособие к курсовому проектированию. – Тольятти: ТГУ 2008.- 77с.
- 10.Сварочное оборудование. Каталог-справочник. Ч.2. Киев. Наукова думка. 1968. 388с.
- 11.<http://www.Сварочный выпрямитель ВКСМ-1000>.
- 12.<http://www.Сварочный трактор ТС-17С>.
- 13.Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящихся электродом. Учебное пособие. М.: Машиностроение. 1974 – 237 с.
- 14.Акулов, А.И. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. Т. 2 / под ред. А.И. Акулова. - М.: Машиностроение, 1978. - 462 с. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 454-462.

15. Горина, Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие/Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
16. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта производственно-технологического характера [Текст] / И.В. Краснопевцева.–Тольятти.: ТГУ. 2012. – с.2-17.
17. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методич. пособие /И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова - Тольятти.: ТГУ, 2019.- с.145.
18. Ю.В. Казаков. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; – М.: Издательский центр “Академия”, 2000 – 400 с. ISBN 5-7695-0695-4.
19. Ю.В. Казаков Преддипломная практика – Тольятти: ТГУ, 2007-13 с. Библиогр.: 2 назв.
20. AWSA5.36. Specification for carbon and low-alloy steel flux cored electrodes for flux cored arc welding and metal cored electrodes for gas metal arc welding // American Welding Soc., Miami, 2012.
21. AWSA5.18: Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding // American Welding Soc., Miami, 2005.
22. Subhasmita Mishra (2016) Performance analysis of TIG welding on al alloy by using taguchi Method, International Journal of Multidisciplinary Research and Development (2016)
23. Leonard P. Connor, R. L. O'Brien, Welding Handbook: Welding processes / American Welding Society [Электронный ресурс]. – URL : <https://book.onepdf.us/aws-welding-handbook.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
24. Dinesh Kumar.R, Elangovan.S, Siva Shanmugam.N, (2014). Parametric optimization of pulsed –TIG welding process in butt joining of 304 L austenit-

ic stainless steel sheets, International journal of engineering research and technology, vol-03.