

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»

Кафедра «Оборудование и технологии сварочного производства»

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

_____Иванов М. А.

«Автоматизация технологии сварки секции стрелы автомобильного крана КС-65717»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2020.129 ПЗ ВКР**

Руководитель работы

_____Щербаков И. А..

« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-440:

_____Клепинин А. С..

« ____ » _____ 2020 г.10

Июнь

Нормоконтролёр
старший преподаватель

_____Безганс Ю.В.

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
1.1 Анализ конструкции изделия.....	8
1.2 Материал изделия и его свариваемость.....	9
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Базовый вариант технологического процесса.....	11
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.....	22
2.3 Выбор способа сварки.....	23
2.4 Выбор сварочных материалов.....	24
2.5 Расчет режимов сварки.....	28
2.5.1 Выбор параметров режима сварки.....	28
2.5.2 Выбор диаметра электрода и назначение силы сварочного.. тока.....	29
2.5.3 Определение вылета электрода.....	30
2.5.4 Определение напряжения дуги.....	31
2.5.5 Определение коэффициента наплавки.....	31
2.5.6 Определение КПД дуги.....	32
2.5.7 Расчёт площади наплавленного металла шва.....	33
2.5.8 Определение скорости сварки.....	34
2.5.9 Определение расхода защитного газа и расстояния между... изделием и соплом.....	35
2.5.10 Расчёт величины погонной энергии.....	36
2.6 Выбор сварочного оборудования	38
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	
3.1 Способы и средства контроля качества.....	43

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....	45
3.3 Оборудование для контроля качества.....	47
4 РАЗДЕЛ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
4.1 Анализ технологического процесса по вредным и опасным факторам.....	50
4.2 Требования к процессам сварки в защитных газах и их смесях..	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	55

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВЕДЕНИЕ

Сварка является наиболее технологическим и экономичным способом производства металлоконструкций. Сварочное производство представляет собой комплекс, состоящий из проектирования, расчёта конструктивных элементов, написания технологического процесса, сборки и сварки с выполнением всех условий технологии. Для улучшения качества сварочных металлоконструкций применяют приспособления для сварки: стенды, макеты, различные кантовали, позиционеры, а также выполнение контроля качества сварных швов и размеров сборки на всех стадиях изготовления. Применение автоматических и роботизированных способов сварки, где это возможно, увеличивают производительность сварочного производства.

С развитием промышленности и строительства у людей данной отрасли появилась потребность к поднятию и перемещению грузов большой массы без ущерба здоровью. На сегодняшний день эту роль выполняют грузоподъемные краны. Существует несколько видов грузоподъемных кранов: стреловые краны, башенные краны, краны портального типа. Наиболее распространёнными являются стреловые краны. Из них выделяют несколько видов в зависимости от базы, на которую они установлены: автомобильные (крановая установка на базе грузового автомобиля), гусеничные, колёсные.

Основными показателями стрелового крана является его грузоподъемность и длина стрелы. Именно эти показатели определяют его область применения. Изобретение телескопической стрелы, что позволяет сделать крановую установку очень компактной по сравнению с стрелами решётчатой конструкции. Крановые установки с телескопической стрелой устанавливаются на базу грузового автомобиля. Таким образом полученный агрегат сочетает в себе манёвренность автомобиля и грузоподъемные характеристики, установленной на него крановой установки.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Автомобильные краны нашли применение в различных отраслях промышленности: в нефтепромышленности, в строительстве, в сфере ЖКХ и других. Автомобильные краны не требуют больших затрат усилий и времени для приведения в рабочее состояние. В сочетании с высокой мобильностью кран легко и достаточно быстро перемещается из одного места работы в другое.

Целью настоящего дипломного проекта является разработка участка сборки и сварки первой секции телескопической стрелы крана КС 65717 грузоподъемностью 50 тонн.

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции изделия

Стрела представляет собой систему металлических балок коробчатого сечения которые могут перемещаться относительно друг друга по заданной траектории.

Сварной короб четвертой секции автомобильного крана КС-65717 представляет собой верхние (3, 4) и нижние (1, 2) части короба (рисунок 1.1).

Короб изготавливается путем сборки сначала верхней и нижней частей короба, и сборки их между собой. Короб имеет восьмиугольный профиль, он обладает большей прочностью, в отличие от короба с прямоугольным профилем.

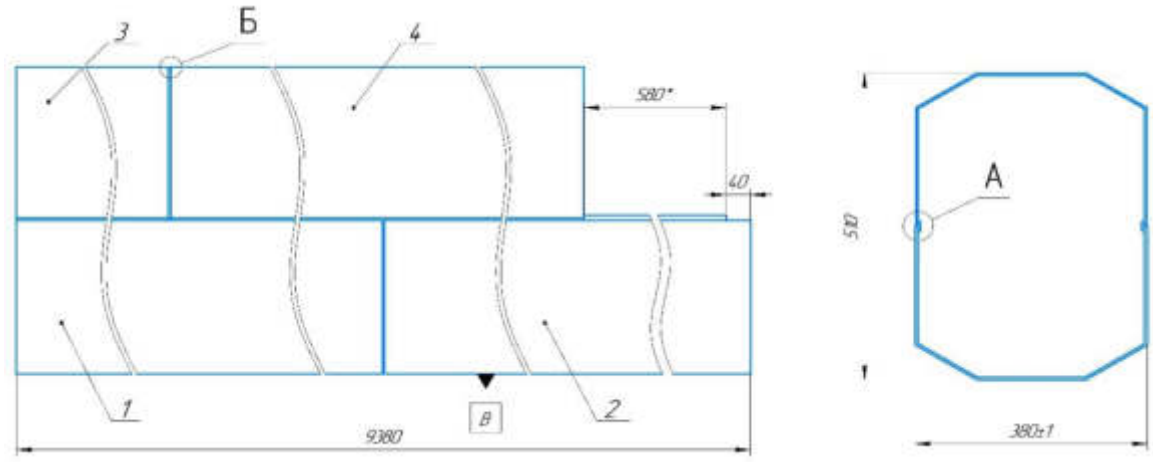


Рисунок 1.1 – Короб четвертой секции стрелы крана КС 65717

1.2 Материал изделия и его свариваемость

Автомобильные краны изготавливаются из различных конструкционных сталей. На данную модель крана используют сталь Optim 700MS.

Таблица 1.1 – Механические свойства конструкционных сталей

Марка стали	Предел прочности, МПа	σ_b	Относительное удлинение δ , %	Предел текучести, σ_T , МПа
Optim 700MS	750-930		13	700

Для изготовления стрелы крана применяется высокопрочная сталь Optim 700 MS Финской фирмы Ruukki. Данная сталь обладает высокими механическими свойствами, имеет высокий предел текучести свыше 700 МПа.

Данная сталь подходит для всех способов сварки без ограничений. Рекомендуется использовать сварочные материалы близкие по прочностным характеристикам если требуется высокая прочность сварного соединения. Сталь имеет хорошую обрабатываемость как механическим так и тепловым методом.

Сталь Optim 700MS удовлетворяет требованиям стандарта РД 22-16-2005-машины грузоподъемные. выбор материалов для изготовления, ремонта и реконструкции сварных стальных конструкций.

Высокопрочная сталь Optim 700 MS удовлетворяет и даже превышает требования стандарта EN 10149-2. Компания Ruukki гарантирует ударную вязкость стали не менее 29 Дж/см² при температуре до – 40 °С. Это означает, что деталь, изготовленная из этой стали, будет сохранять стойкость к образованию холодных трещин даже при эксплуатации в суровых климатических условиях. За счет высокой прочности сталь Optim 700MS позволяет использовать при производстве изделий металл меньших толщин, что экономит до 40% металла на весе изделий. Химические свойства стали Optim 700 MS приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав стали Optim 700 MS (%)

Марка стали	C	Si	Mn	P	S	Al	V	Mo
Optim 700 MS	0,1	0,2	2,1	0,02	0,01	0,015	0,007	0,007

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					9

Оценка свариваемости стали Optim 700 MS:

Свариваемость – это комплексная характеристика, которую определяют химические и физические свойствами стали, способы и режимы сварки, применяемая технология, а также оценивающая способность стали образовывать сварное соединение, отвечающее заданным эксплуатационным свойствам.

Главным показателем свариваемости, определяющим эксплуатационную надёжность сварных соединений, является их стойкость против образования холодных и горячих трещин в шве и околошовной зоне.

Склонность к образованию трещин можно оценить путем подсчета эквивалентного содержания углерода по формуле:

$$C_{\text{экв.}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

Стали с содержанием $C_3 < 0,45$ обладают хорошей свариваемостью и не требуют предварительного подогрева перед сваркой.

Определим эквивалент углерода для стали Optim 700 MS по формуле (1).

$$C_{\text{экв.}} = 0,1 + \frac{2,1}{6} + \frac{0,2}{24} + \frac{0,007}{14} + \frac{0,02}{2} \approx 0,46.$$

Следовательно, сталь Optim 700 MS обладает удовлетворительной свариваемостью, необходим предварительный подогрев.

Температуру предварительного подогрева рассчитываем по формуле

$$T_0 = 350(C_3 - 0,25)^{0,5}, \quad (2)$$

где C_3 -полный эквивалент углерода, %.

Определим C_3 по формуле

$$C_3 = C_X + C_P, \quad (3)$$

где C_X -химический эквивалент углерода, %;

C_P -размерный эквивалент, %;

Определим C_X

$$C_X = C + (Mn + Cr)/9 + Ni/18 + 7Mo/90; \quad (4)$$

$$C_X = 0,1 + 2,1/9 = 0,45$$

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Определим C_p для верхней и нижней части короба.

$$C_p=0,005 \cdot S \cdot C_x; \quad (5)$$

где S -толщина листа из которого изготовлена часть короба.

Определим C_p для верхней части короба толщиной 5мм:

$$C_p=0,005 \cdot 5 \cdot 0,45=0,01125\%.$$

Определим C_p для нижней части короба толщиной 6мм:

$$C_p=0,005 \cdot 6 \cdot 0,45=0,0135\%.$$

Следовательно для верхней части короба толщиной 5 мм:

$$C_{\Sigma}=0,45+0,01125=0,46125\%.$$

для нижней части короба толщиной 6 мм:

$$C_{\Sigma}=0,45+0,0135=0,4635\%.$$

и, тогда

$$T_0=350 \cdot (0,46-0,25)^{0,5}=178 \text{ С}.$$

Примем, что температура предварительного подогрева для стенки составляет 178 С. На производстве АО ЧМЗ не используется предварительный подогрев с целью удешевления производства. На практике выяснилось, что отказ от выполнения предварительного подогрева не приводит к образованию дефектов. Причиной такого противоречия послужил тот факт, что формула расчёта эквивалента углерода обобщённая и не всегда даёт точную характеристику свариваемости.

Для изготовления короба применяется полуавтоматическая сварка в среде защитного газа K18 (82% Ar + 18%CO₂), сварочная проволока ESAB AristoRod 69.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса.

Технология изготовления сварного короба заключается в следующем: сначала листы металла размерами 1500×6000 мм и 1500×8000 мм и толщинами 5 и 6 мм

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

отправляется на входной контроль, где его проверяют на наличие дефектов – вмятин, раковин, расслоений, рисок или царапин. Пройдя контроль он перемещается на склад.

Так как в результате транспортирования возможно возникновение неровностей в листе металла, то лист металла с помощью мостового крана грузоподъемностью 5 тонн отправляют на участок правки. На участке правки листы распределяются по габаритам: листы с толщиной 3-10 мм, шириной до 2000 мм, длиной до 8000 мм отправляется на листоправильную машину UBR 10*2000/1-16, листы с толщиной 1-4 мм, шириной до 1500 мм, длиной до 3500мм на листоправильные вальцы 235CE. Так как в этом случае толщина листов свыше 4 мм, листы отправляются на листоправильную машину UBR 10*2000/1-16.

Выправление листов металла повышает точность выполнения требований последующих процессов обработки листов металла, повышая тем самым качество конечного продукта при одновременном сокращении затрат на доработку.



Рисунок 2.1 – Листоправильная машина UBR 10*2000/1-16

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Таблица 2.1 – Технические характеристики листопрямительной машины UBR 10*2000/1-16

Параметр	Значение
Габаритные размеры листогибочной машины	8400×2780×3170 мм
Максимальная ширина листов	2000 мм
Максимальная толщина	10 мм
Минимальная толщина	3 мм
Скорость правки	16 м/мин
Главный двигатель	50 кВт
Масса	32000 кг
Количество валков	13 шт.

После правки листы перемещают на место резки. Резка осуществляется на лазерном комплексе Bystar 8025 фирмы Bystronic (Рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Лазерный комплекс Bystar 8025

Таблица 2.2-Технические характеристики лазерного комплекса Bystar 8025

Параметр	Значение
Габаритные размеры челночного стола	2500 x 8000 мм
Габаритные размеры лазерного комплекса	23800 x 6900 x 3200 мм
Максимальная скорость резки	10 м/мин
Энергия излучения	3,5 кВт
Максимальная толщина листа стали	25 мм
Максимальная толщина листа алюминия	15 мм

Данный лазерный комплекс предназначен для обработки металла и резки листовых и трубчатых заготовок с высокой точностью и производительностью, без ограничений по геометрической сложности. Обеспечивает возможность точного формирования гнутых профилей сложного сечения, в том числе замкнутых.

Преимущества перед другими способами обработки металлов:

- Отсутствие механического контакта позволяет обрабатывать хрупкие и легко деформирующиеся материалы;

- При выпуске небольших партий продукции целесообразнее провести лазерный раскрой материала, чем изготавливать для этого дорогостоящие пресс-формы или формы для литья;

- высокое качество обработки, т.е. узкий рез, идеальная параллельность кромок реза, минимальная зона термического влияния;

- остаточные деформации от механического воздействия не возникают.

После резки заготовки снова отправляются на правку, чтобы в дальнейшем обеспечить максимальную точность сборки. После очередной правки заготовка

транспортируется на участок механической обработки, где выполняется разделка кромок на кромкоскалывающей машине МКС-18У (рис. 2.3). Технические характеристики кромкоскалывающей машины МКС-18У приведены в таблице 2.3.



Рисунок. 2.3 – кромкоскалывающая машина МКС-18У

Таблица 2.3 – Технические характеристики кромкоскалывающей машины МКС-18У

Напряжение питающей сети , (f=50Гц)	380 В
Скорость обработки	3 метра / мин.
Диапазон регулировки резки углов	22,5°; 30°; 37,5°; 45°; 50°; 55°.
Максимальная ширина кромки при стандартном в 30° угле кромки	18 мм
Максимальная высота кромки при стандартном в 30° угле кромки	15,5 мм

Завершение таблицы

Минимальная толщина материала	6 мм
Максимальная толщина материала	38 мм
Масса, включая тележку перемещения	140 кг
Габаритные размеры, мм	705x497x861

Принцип действия кромкоскалывающей машины: заготовки небольшого размера подаются вручную. При обработке заготовок или конструкций больших размеров кромкоскалывающую машину закрепляют непосредственно на краю заготовки без применения дополнительных приспособлений. Затем оператору достаточно направить машину по кромке от начала и снять ее в конце обработки. Кромкоскалывающие машины имеют автоматическую подачу за счет вращательного движения фрезы без дополнительных устройств. Обработка выполняется путем скалывания кромки специальной фрезой.

Преимущества механической подготовки кромок перед термическим (газокислородной и плазменной) способом подготовки кромок:

- универсальная установка, которая позволяет обрабатывать кромку как сверху, так и снизу;
- не происходит изменений физических и химических свойств материалов;
- минимизирует затраты труда;
- обеспечивает качественную обработку кромок и гарантирует точное соответствие получаемой кромки стандартам;
- высокая скорость обработки кромки;
- автоматическая подача за счет вращательного движения фрезы без дополнительного устройства (привода);
- высококомобильная, так как имеет малый вес и габаритные размеры;
- экологична (нет выделения пыли и продуктов горения);
- для автоматического перемещения вдоль кромки листа и удобства перемещения - установлена на тележку с колесами.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

После обработки кромок детали передаются для гибки на листогибочный комплекс Beyeler PR 10 400 IPC (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – листогибочный комплекс Beyeler PR 10 400 IPC

Оборудование состоит из двух прессов PR 400 x 4100, которые изготовлены по специальному заказу Челябинского механического завода. При этом оба прессы могут работать независимо друг от друга. Листогибочный комплекс предназначен для высокоточной гибки, штамповки и заковки заготовок длиной до 8 м. Благодаря передовой PR-технологии гибки с автоматическим динамическим бомбированием, динамическим управлением усилием гибки, автоматической защитой инструмента от перегрузки, температурным контролем, автоматической системой толщины материалов и опциональным интегрированным процессом управления оборудование удовлетворяет самым высоким требованиям.

Комплекс обеспечивает:

- точность по углу гибки 15-20 мин. на длине 8 м;
- усилие гибки 800 т на длине 8 м.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

На участке гибки листу придают форму нижней и верхней части короба. Для этого используют специальную матрицу. По окончании операции гибки проводится визуально измерительный контроль.

С помощью мостового крана гнутые нижние части короба устанавливается на сборочный стенд. На участки сборки при помощи шлифмашинки и скребка детали очищаются от грязи, масел, ржавчины и других загрязняющих веществ по обе стороны не менее 20 мм от сварочных кромок и обрабатываются антипригарной жидкостью от налипания расплавленного металла. Нижние части короба соединяются между собой на прихватки, прихватки выполняют по параметрам шва №3, длина прихватки 10 –15 мм, интервал 300 мм усиление прихваток не должно превышать усиление выполняемого шва на месте прихваток.

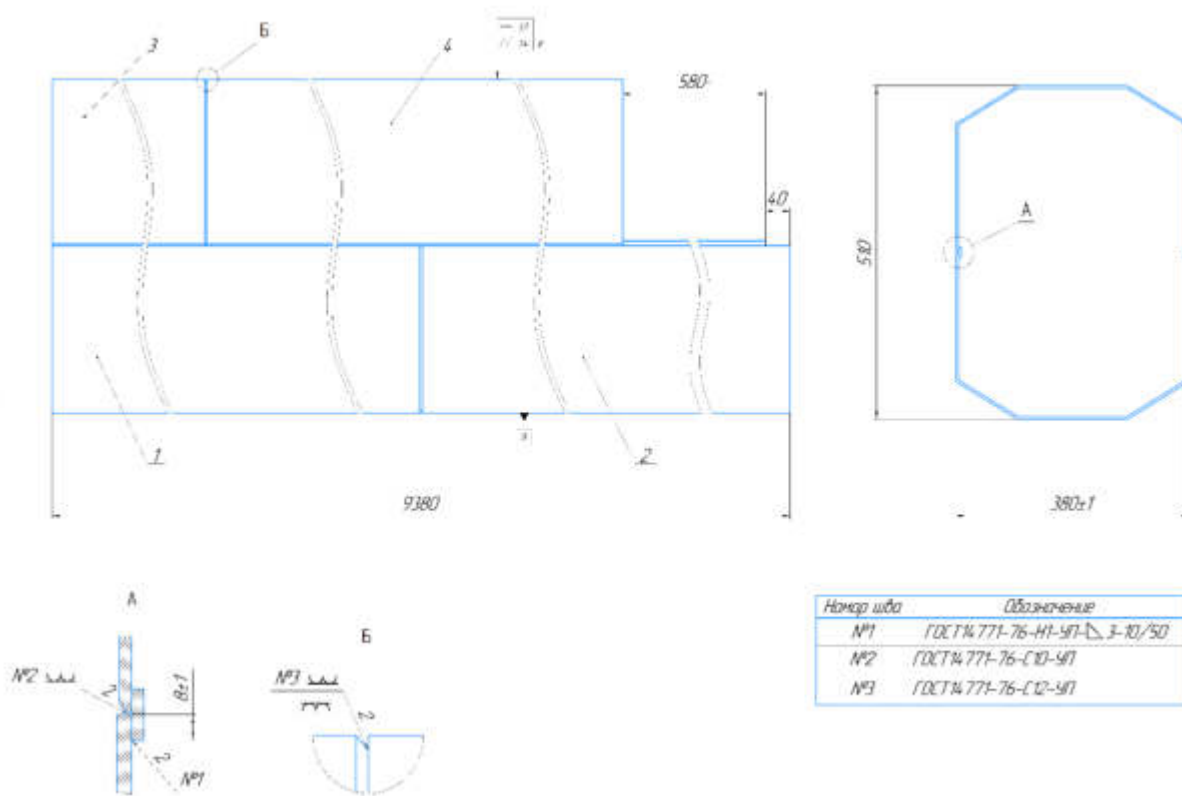


Рисунок 2.5 Эскиз технологического процесса

Таблица 2.4- Эскизы сварных швов и соединений

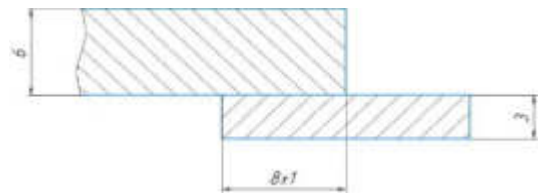
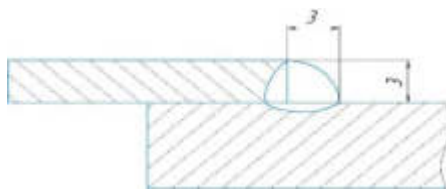
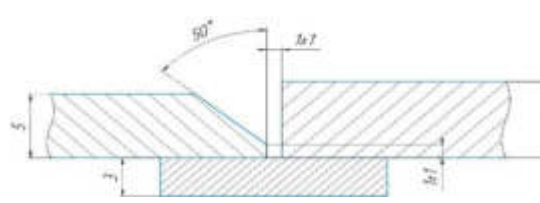
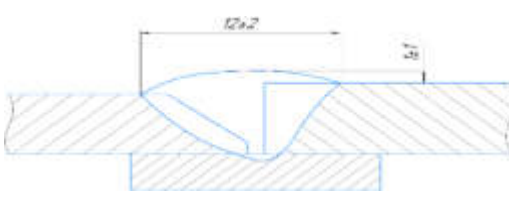
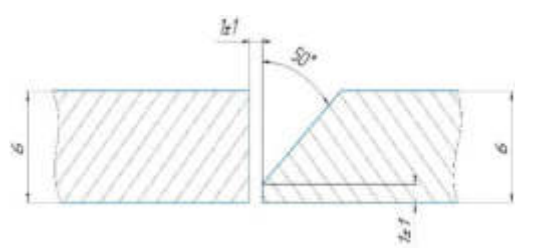
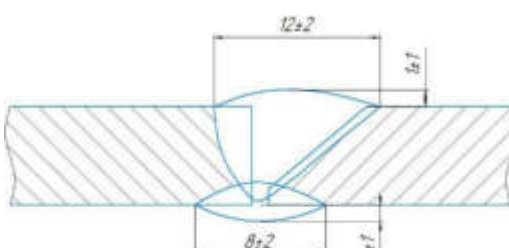
Номер шва	Геометрические размеры соединений	Геометрические размеры шва
№1		
№2		
№3		

Таблица 2.5-Сварочные режимы

Толщина стали, мм	Кол-во валиков	Положение валика в шве	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
5	1	1	220-260	24-28
6	1-2	1	220-260	24-28

Далее выполняется сварка корня шва №3 и производится слесарная обработка шва для обеспечения плавного перехода к основному металлу и зачистка от сварочных брызг. Полученная нижняя часть короба кантуется на 90° при помощи цепей и мостового крана, согласно схеме кантовки для обеспечения сварки в нижнем положении. К кромке, установленной в нижнее положение прерывистым

швом №1, присоединяется остающаяся подкладка. Нижняя часть короба снова кантуется на 180°, и прерывистым швом №1 приваривается подкладка к второй кромке. В это время на другом сборочном стенде соединяются между собой верхние части короба тем же способом, что и нижние, но без приварки остающихся подкладок. Нижнюю часть короба кантуют в исходное положение, и с помощью мостового крана на неё устанавливается верхняя часть. Сварными прихватками верхняя часть присоединяется к нижней. Там, где необходимо, верхняя часть к нижней предварительно прижимается ломом. Затем с помощью мостового крана короб перемещается на участок сварки. На участке сварке короб устанавливается в сварочный стенд под 90 градусов относительно исходного, чтобы обеспечить сварку в нижнем положении. Протяженные швы №2 с двух сторон короба свариваются сварщиком обратноступенчатым способом, предварительно покрыв зону сварки средством против налипания брызг. После выполнения шва с одной стороны короб кантуется на 180 градусов с помощью мостового крана.

Сварка и сборка осуществляется полуавтоматом Kemppi FastMig KM 500 (рисунок 2.5). Технические характеристики приведены в таблице 2.6.



Рисунок 2.6 – Полуавтомат Kemppi FastMig KM 500

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Таблица 2.6 – Технические характеристики Kemppi FastMig KM 500

Напряжение сети, Гц, В	400
Номинальная мощность при максимальном токе, кВА	25,9
Напряжение холостого хода, В	65
Коэффициент мощности при макс. токе	0,9
КПД при максимальном токе, %	87
Диапазон сварочных токов и напряжений, MIG , А/В	20 /12... 500 /40
Габаритные размеры, дл. x шир. x выс., мм	590 x 230 x 430
Масса, кг.	36

После остывания сварные швы и околошовная зона зачищаются металлической щеткой и скребком, отрезаются УШМ выводные планки. Наплывы и неровности длинного сварного шва обрабатываются с плавным переходом к основному металлу шлифмашинкой. На внутренних поверхностях корпуса брызги не допускаются.

Контроль качества производится внешним осмотром, а 10% швов подвергаются ультразвуковому контролю.

К недостаткам существующей технологии сборки и сварки можно отнести:

1. Недостаточная механизация и автоматизация процесса сборки и сварки на многих этапах изготовления.

2. Большая доля участия мостового крана в процессе производства: перемещение заготовки по цеху на всех этапах изготовления, кантовка короба на этапе сварки.

3. Низкая производительность.

4. В связи с тем, что используется механизированная сварка, качество сварных швов напрямую зависит от квалификации сварщика.

Эти недостатки приводят к увеличению времени на проведение сварки, увеличению межоперационных временных промежутков и возможным дефектам.

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

Этапом производства, на который направлен данный технологический процесс, является этап выполнения сварочных швов №2. В связи с тем, что эти швы имеют длину каждый по 8760 мм, целесообразно автоматизировать выполнение данного шва. Выполнение сварочных швов будет осуществляться при помощи сварочного портала, так как это позволяет выполнять сварочные швы №2 в двух с двух сторон короба одновременно, что значительно повышает производительность процесса сварки.

Этапы заготовки, механической обработки и сборки короба выполняются согласно базовому технологическому процессу.

После этапа сборки конструкция короба поступает на участок сварки. На участке сварки короб устанавливается в сварочный стенд. Выполняется сварка сектора шва №3, расположенного в нижнем положении, после этого короб кантуется на 90°, выполняется операция сварки сектора шва №3 в нижнем положении. Последовательность повторяется до сварки шва №3 по всей длине. Сварка выполняется механизированным способом в среде смеси защитных газов K18.

Далее короб кантуется изначальное положение, прижимается винтовыми струбцинами к упорам. Выполняется сварка шва №2 обратноступенчатым методом, автоматизированным способом, сварочным центром порталного типа.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Сварочный центр одновременно выполняет сварку с двух сторон короба. Остальные этапы производства короба выполняются согласно базовому технологическому процессу.

2.3 Выбор способа сварки

Способ сварки в значительной мере определяет не только качество и трудоемкость изготовления изделия, но и весь технологический процесс в целом. Выбор того или иного способа сварки заключается в сравнении целого ряда показателей, соответствующих тому или иному способу сварки. Для выбора наиболее подходящего способа сварки разберем её основные способы.

Ручная дуговая сварка электродами с покрытием в настоящее время остаётся одним из самых распространённых методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки. Существенный недостаток ручной дуговой сварки покрытыми электродами, также, как и других способов ручной сварки, - малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

Дуговая сварка под флюсом на данном этапе времени является одной из самых производительных способов при производстве конструкций из сталей, цветных металлов и сплавов. Швы, выполненные данным способом, отличаются высоким качеством. Так сварочный флюс обеспечивает наиболее эффективную защиту сварочной ванны от окружающей среды, а также содержит в себе модификаторы, которые повышают механические характеристики сварочного шва. Наличие возможности автоматизации сварки под флюсом улучшает условия работы. К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания расплавленных флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали более чем на $10-15^{\circ}$.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. По сравнению с другими способами сварка в защитных газах плавящимся электродом обладает рядом преимуществ: высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины; возможность сварки в различных пространственных положениях; возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке; отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака; высокая производительность и лёгкость механизации и автоматизации; низкая стоимость при использовании активных защитных газов. К недостаткам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится необходимость применения защитных мер против светового и теплового излучения дуги, а также квалификация сварщика при механизированной сварке.

При сварке в защитных газах есть возможность выполнение сварки в горизонтальном положении. Это позволяет выполнять два шва одновременно, что значительно уменьшает время, которое тратится на операцию сварки. Для решения этой задачи предлагается сварочный центр портального типа с двумя сварочными головками *Vebs*. Данная установка лучше всего подойдет для выполнения продольных швов №2, а для коротких швов №1, №3 используется, как и прежде, механизированный способ.

2.4 Выбор сварочных материалов

Выбор сварочной проволоки

Сварочная проволока должна быть схожа по химическому составу с основным металлом и соответствовать ему по механическим свойствам. Исходя из этого, выбираем неомедненную сварочную проволоку *ESAB aristorod 69* ТУ 1227-20-55224353. Проволока удовлетворяет требованиям стандарта РД 22-16-2005 машины грузоподъемные. Выбор материалов для изготовления, ремонта и реконструкции сварных стальных конструкций. Химический состав и механические свойства проволоки приведены в таблицах 2.6 и 2.7.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 2.14 – Химический состав проволоки ESAB aristorod 69 (%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo
0,06	0,6	1,6	0,3	1,4	0,07	0,25

Таблица 2.15 – Механические свойства проволоки ESAB aristorod 69

Предел прочности, σ_b , МПа	Предел текучести, σ_t , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость, Дж/см ²	
			+20 С°	125 Дж
800	730	19	-20 С°	88 Дж
			-40 С°	69 Дж

Проволоки ЭСАБ AristoRod 69 – новое поколение неомедненных проволок для МАG-сварки. Они обладают отличными сварочными характеристиками, особенно для механизированной и роботизированной сварки, благодаря разработке новой технологии обработки поверхности – ASC (Advanced Surface Characteristics – Современные характеристики поверхности).

Качество подачи – слабое место для многих омедненных проволок. Во время подачи проволоки при контакте с подающими роликами и из-за трения в проволокопроводе происходит отшелушивание частиц меди с поверхности проволоки. При нерегулярной чистке проволокоподающей системы это приводит к неравномерности подачи и вынужденным простоям. Качество омедненных проволок определяется в первую очередь сцеплением медного слоя с поверхностью проволоки.

Достоинства проволок AristoRod 69, произведенных с использованием технологии ASC:

- Стабильный перенос тока от наконечника к проволоке. В результате стабильной становится дуга (даже при больших токах), и обеспечивается струйным переносом электродного металла, что позволяет уменьшить разбрызгивание металла. Технология ASC обеспечила перенос тока, аналогичный

переносу тока омедненными проволоками, но с меньшими колебаниями величины тока и с меньшим падением напряжения. Это положительно влияет на характеристики возбуждения дуги, которые играют исключительно важную роль при MAG-сварке с частыми пусками и остановками, например, при роботизированной сварке.

- Уменьшение трения в системе подачи. Результатом является плавная бесперебойная подача без засорения проволокопроводов и горелок. Уровень износа контактных наконечников соответствует износу от лучших омедненных проволок.

- Отсутствие отложения меди в системе подачи. Уменьшение простоев для очистки.

- Поверхность проволоки защищена от коррозии.

Проволоки AristoRod с технологией ASC увеличивают эффективность загрузки сварочного поста и уменьшают необходимость удаления брызг после сварки, что снижает стоимость сварки. Эти проволоки можно применять для ручной, механизированной и автоматизированной сварки. Преимущества этих проволок особенно ощутимы при высоких скоростях подачи, при которых наблюдается интенсивное накопление частиц меди при применении омедненных проволок, приводящих к возникновению проблем подачи.

Выбор защитного газа

Если рассматривать применение сварочных газов только с точки зрения получения наилучшей защиты реакционного пространства сварочной дуги от наружного воздуха, то оптимальным защитным газом будет аргон. Аргон тяжелее воздуха (плотность 1,78 кг/м³), обладает низким потенциалом ионизации (15,7 В), не вступает в химические взаимодействия с другими элементами и в достаточных количествах содержится в свободном виде (0,9325% об., или 0,00007% вес.), что позволяет получать его из воздуха в ректификационных установках. В настоящее время аргон широко применяется в качестве защитного газа при сварке алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей (особенно нержавеющей

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

хромоникелевых). Однако при сварке углеродистых и низколегированных сталей основных структурных классов на российских предприятиях основным защитным газом для MIG/MAG сварки продолжает оставаться углекислый газ CO₂. Между тем применение смеси газов на основе аргона позволяет повысить температуру сварочной дуги, что улучшает проплавление сварного шва, увеличивая производительность сварки в целом.

В качестве защитных газовых смесей для сварки плавящимся электродом во всех промышленно развитых странах давно уже не применяют чистый углекислый газ. Для этого используются газовые смеси. От выбора защитной газовой смеси зависит качество сварки. Применение газовых смесей приводит к повышению производительности сварочных работ. Гораздо более значителен эффект от их применения по предприятию в целом. Например, применение газовых смесей при полуавтоматической сварке металла, подлежащего дальнейшей покраске, не требует больших затрат для зачистки сварного шва и околошовной зоны. Сварной шов получается вполне пригодной для дальнейшей покраски формы и чистоты. Это обеспечивает значительное повышение производительности труда при дальнейших работах со сваренными изделиями на предприятии. Кроме того, применение газовых смесей при полуавтоматической сварке обеспечивает еще и повышенные свойства металла сварного соединения. Данные защитные газовые смеси применимы для электродуговой сварки как углеродистых, так и легированных сталей.

Если сравнить два способа защиты сварочной ванны (чистый углекислый газ или аргонсодержащие многокомпонентные газовые смеси), то можно сделать выводы в пользу применения многокомпонентных газовых смесей. Использование газовых смесей имеет следующие преимущества:

- за счет более высокой температуры дуги повышается производительность сварки;
- за счет появления мелкокапельного или струйного переноса снижается разбрызгивание электродного металла;

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- увеличивается глубина проплавления при одновременном уменьшении ширины наплавленного валика;

- более плавной становится линия перехода от наплавленного металла к основному металлу, что уменьшает вероятность образования очагов трещин в зоне сплавления;

Исходя из выше сказанного, в качестве защитного газа выбирается смесь:К 18 (82% Ar + 18%CO₂) ТУ 2114-004-00204760-99. Это наиболее универсальная из всех смесей для конструкционных сталей. Подходит практически для всех типов материалов.

2.5 Выбор режима сварки

2.5.1 Выбор параметров режима сварки

Определение параметров технологического процесса дуговой сварки является ключевым звеном технологической подготовки производства сварных конструкций. Формализация этой процедуры сложна вследствие многообразия факторов, влияющих на качество сварного соединения и материальные затраты на него.

Важной задачей является обеспечение не только минимальной себестоимости и высокой производительности процесса, но и отсутствие дефектов, хорошая форма сварного соединения и т. д.

Параметрами режима сварки I_{CB} в защитных газах являются: род тока (постоянный — переменный, полярность для постоянного тока), диаметр электродной проволоки $d_э$, ток сварки, напряжение на дуге $U_д$, скорость сварки V_{CB} , скорость подачи электрода $V_{пп}$, расход газа, вылет электрода $L_э$.

Сварку в защитных газах ведут на постоянном токе обратной полярности.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

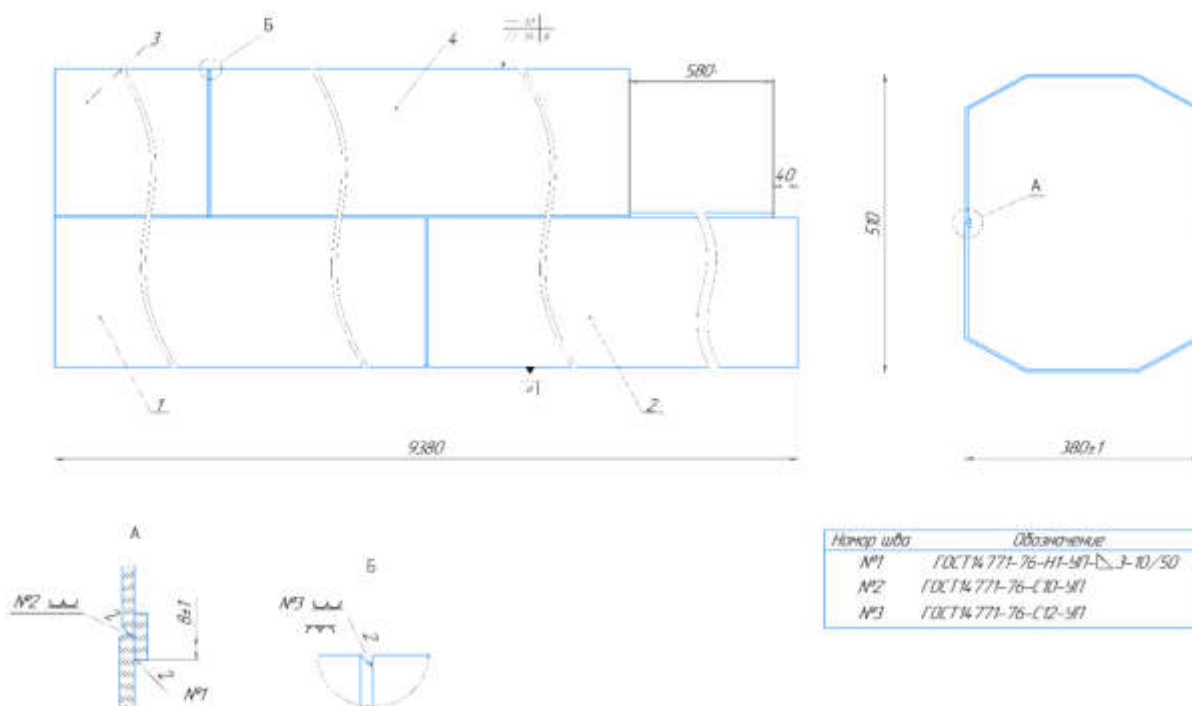


Рисунок 2.7 – номера швов и деталей

2.5.2 Выбор диаметра электрода и назначение силы сварочного тока

Определение силы сварочного тока и диаметра электрода для шва №1:

$$I_{св} = (j d_э^2) / 1,13^2 A, \quad (6)$$

где j — плотность тока (А /мм),

$I_{св}$ – сварочный ток.

Таблица 2.7 – допустимая плотность тока на вылете электрода для сварки в защитных газах

Параметр	Значение		
$d_э$, мм	1,2	1,4	1,6
j , А /мм ²	95...270	90...250	80...200

Для механизированной сварки:

$$j = 200 \text{ А /мм.}$$

$$I_{CB} = (100 \cdot 1,2^2) / 1,13^2 = 110 \text{ A}$$

Выбираем $d_э = 1,2 \text{ мм}$.

Определение силы сварочного тока и диаметра электрода для шва №2:

Назначим требуемую глубину провара:

$$H = 3 \text{ мм}$$

Расчёт силу сварочного тока:

$$I_{CB} = (80 - 90)H; \tag{7}$$

$$I_{CB} = (80) \cdot 3 = 270 \text{ A};$$

Выбираем $d_э = 1,2 \text{ мм}$.

Определение силы сварочного тока и диаметра электрода для шва №3:

Назначим требуемую глубину провара:

$$H = 2 \text{ мм}$$

Рассчитаем силу сварочного тока по формуле(7):

$$I_{CB} = (80 - 90) \cdot 2 = 180 \text{ A};$$

Выбираем $d_э = 1,2 \text{ мм}$.

2.5.3 Определение вылета электрода

Вылет электрода влияет на стабильность процесса и формирования размеров шва. С увеличением вылета возрастает коэффициент расплавления, разбрызгивания. При малом вылете увеличивается набрызгивание на сопло, затрудняется наблюдение за процессом. Вылет электрода $L_э$ устанавливают опытным путем в зависимости от диаметра электрода.

Таблица 2.8 – связь диаметра электрода и вылета электрода

Параметр	Значение				
$d_э$, мм	до 0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0	3,0-5,0
$L_э$, мм	5-12	8-15	15-25	18-30	20-35

где $L_э$ – вылет электрода.

$L_э=8-15$ мм – для механизированной и автоматической сварки.

2.5.4 Определение напряжения дуги

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{d_э^{0,5}} \pm 1, \text{ В}; \quad (8)$$

Определение напряжения для сварочного шва №1 по формуле(8):

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 110}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В};$$

Определение напряжения для сварочного шва №2 по формуле(8):

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 270}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 32 \pm 1 \text{ В};$$

Определение напряжения для сварочного шва №3 по формуле(8):

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 28 \pm 1 \text{ В};$$

2.5.5 Определение коэффициента наплавки

$$a_n = a_p + \frac{100 - \psi}{100}; \quad (9)$$

где Ψ (%) - коэффициент потерь на угар и разбрызгивание,

a_p - коэффициент расплавления,

a_n - коэффициент наплавки.

Для механизированной и автоматической сварки коэффициент потерь при сварке в среде защитных газов определяется по эмпирической формуле:

$$\psi = -4,72 + A \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} j^{-2} \quad (10)$$

где j - плотность тока в диапазоне 60-320 А / мм ,

A - коэффициент, значение которого зависит от защитного газа
 $\text{CO}_2 + \text{Ar} = 17,3$

$$j = \frac{I_{CB}}{S_э}; \quad (11)$$

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Плотность тока сварки для шва №1 определяется по формуле (11):

$$j = \frac{110}{1,13} = 97 \text{ А/мм}^2$$

Плотность тока сварки для шва №2 определяется по формуле (11):

$$j = \frac{270}{1,13} = 239 \text{ А/мм}^2$$

Плотность тока сварки для шва №3 определяется по формуле (11):

$$j = \frac{180}{1,13} = 159 \text{ А/мм}^2$$

Коэффициент потерь при выполнении шва №1 определяется по формуле (10):

$$\psi = -4,72 + 17,3 \cdot 10^{-2} \cdot 97 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 97^2 = 12 \%$$

Коэффициент потерь при выполнении шва №2 определяется по формуле (10):

$$\psi = -4,72 + 17,3 \cdot 10^{-2} \cdot 239 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 239^2 = 36,6 \%$$

Коэффициент потерь при выполнении шва №3 определяется по формуле (10):

$$\psi = -4,72 + 17,3 \cdot 10^{-2} \cdot 159 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 159^2 = 22,8 \%$$

Примем значения $a_p = 12 \text{ Г/А} \cdot \text{ч}$,

Определим коэффициент наплавки:

Для сварочного шва №1 по формуле (9):

$$a_n = 12 \cdot \frac{100 - 12}{100} = 11,88 \text{ Г/А} \cdot \text{ч}.$$

Для сварочного шва №2 по формуле (9):

$$a_n = 12 \cdot \frac{100 - 36,6}{100} = 11,64 \text{ Г/А} \cdot \text{ч}.$$

Для сварочного шва №3 по формуле (9):

$$a_n = 12 \cdot \frac{100 - 22,8}{100} = 11,78 \text{ Г/А} \cdot \text{ч}.$$

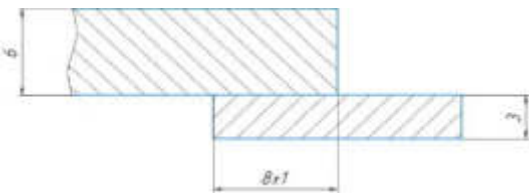
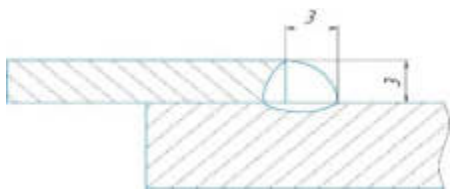
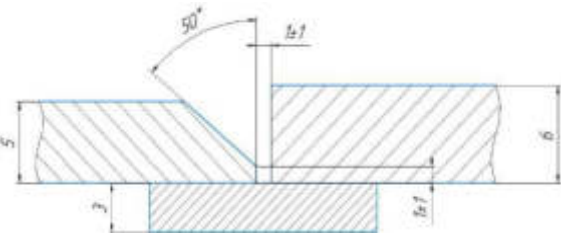
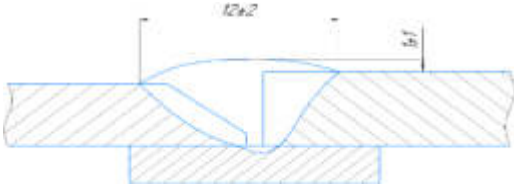
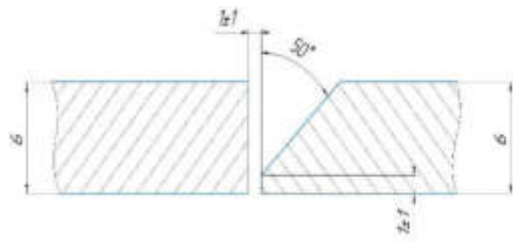
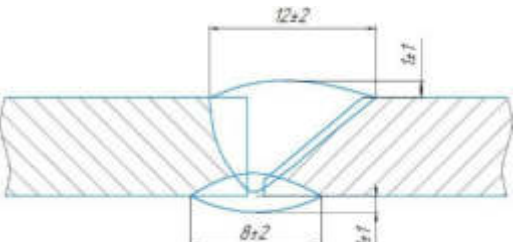
2.5.6 Определение КПД дуги

Эффективный коэффициент полезного действия дуги η для сварки в среде защитных газов имеет значения в пределах 0,75-0,9. Примем значение $\eta = 0,75$.

Определение площади поперечного сечения швов:

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Таблица 2.9- Эскизы сварных швов и соединений

Номер шва	Геометрические размеры соединений	Геометрические размеры шва
№1		
№2		
№3		

2.5.7 Расчёт площади наплавленного металла шва

Расчёт площади наплавленного металла шва №1:

Для определения числа проходов при сварке угловых швов общую площадь поперечного сечения наплавленного металла рекомендуется вычислять по формуле

$$F_n = k_y \cdot K^2 \quad (12)$$

Где k_y – коэффициент увеличения, учитывающий наличие зазоров и выпуклость шва; K – катет шва, мм.

Значение k_y выбирают в зависимости от катета шва по таблице 2.10.

Таблица 2.10 Рекомендации по выбору значения k_y

Катет шва, мм	3-4	5-6	7-10	12-20	20-30	>30
k_y	1,5-2	1,35	1,25	1,15	1,1	1,05

$K=3$ мм.

$$F_H = 1,5 \cdot 3^2 = 13,5 \text{ мм}^2 = 0,135 \text{ см}^2.$$

Расчёт площади наплавленного металла шва №2:

$$F_H = b \cdot S_2 + 0,5(S_1 - c) \cdot (S_1 - c) \cdot \text{tg } \alpha + 0,73 \cdot e \cdot g \quad (13)$$

$S_1=5, S_2=6, b=1, c=1, e=12, g=1, \alpha=50^\circ$

$$F_H = 1 \cdot 6 + 0,5(5-1) \cdot (5-1) \cdot \text{tg } 50^\circ + 0,73 \cdot 12 \cdot 1 = 0,243 \text{ см}^2.$$

Расчёт площади наплавленного металла шва №3(исполнение 1) по формуле (13):

$$F_H = b \cdot S + 0,5(S - c) \cdot (S - c) \cdot \text{tg } \alpha + 0,73 \cdot (e_1 \cdot g_1 + e_2 \cdot g_2) \quad (14)$$

$S=5, b=1, c=1, e_1=12, g_1=1, e_2=8, g_2=1, \text{tg } \alpha=50^\circ$

$$F_H = 1 \cdot 5 + 0,5(5-1) \cdot (5-1) \cdot \text{tg } 50^\circ + 0,73 \cdot (12 \cdot 1 + 8 \cdot 1) = 0,285 \text{ см}^2.$$

Расчёт площади наплавленного металла шва №3(исполнение 2) по формуле (14):

$S=6, b=1, c=1, e_1=12, g_1=1, e_2=12, g_2=1, \text{tg } \alpha=50^\circ$

$$F_H = 1 \cdot 6 + 0,5(6-1) \cdot (6-1) \cdot \text{tg } 50^\circ + 0,73 \cdot (12 \cdot 1 + 8 \cdot 1) = 0,355 \text{ см}^2.$$

2.5.8 Определение скорости сварки

Скорость сварки рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{CB} = \frac{a_n \cdot I_{CB}}{3600 \cdot F_H \cdot \gamma}; \quad (15)$$

где V_{CB} - скорость сварки,

I_{CB} - сварочный ток,

a_n - коэффициент наплавки,

F_H - площадь наплавки,

γ - плотность наплавленного металла, $\gamma=7,8 \text{ г/см}^3$

$$a_n = 10,84.$$

Выполняется расчёт скорости сварки по формуле (15) для Шва №1 выполняемого механизированной сваркой.

$$I_{CB} = 110 \text{ А},$$

$$F_H = 0,243 \text{ см}^2$$

$$V_{CB} = \frac{10,88 \cdot 110}{3600 \cdot 0,135 \cdot 7,8} = 0,316 \text{ см/с}$$

Принимаем $V_{CB} = 0,316 \text{ см/с} = 11,37 \text{ м/ч}$.

Шов выполняется за один проход.

Выполняется расчёт скорости сварки по формуле (15) для Шва №2 выполняемого автоматической сваркой.

$$I_{CB} = 180 \text{ А},$$

$$F_H = 0,285 \text{ см}^2$$

$$V_{CB} = \frac{10,64 \cdot 270}{3600 \cdot 0,285 \cdot 7,8} = 0,359 \text{ см/с}$$

Принимаем $V_{CB} = 0,359 \text{ см/с} = 12,9 \text{ м/ч}$.

Шов выполняется за один проход.

Выполняется расчёт скорости сварки по формуле (15) для Шва №3 выполняемого механизированной сваркой.

$$I_{CB} = 110 \text{ А},$$

$$F_H = 0,355 \text{ см}^2$$

$$V_{CB} = \frac{10,78 \cdot 180}{3600 \cdot 0,344 \cdot 7,8} = 0,2 \text{ см/с}$$

Принимаем $V_{CB} = 0,2 \text{ см/с} = 7,2 \text{ м/ч}$.

2.5.9 Определение расхода защитного газа и расстояния между изделием и соплом

Расход защитного газа и расстояние от сопла до изделия рекомендуется выбрать с помощью таблицы 2.11 в зависимости от диаметра проволоки.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Таблица 2.11 – Определение расхода защитного газа и расстояния между изделием и соплом

дэ, мм	0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0	3,0-5,0
Расход газа, л /мин	5-8	8-16	15-20	20-30	30-35
Расстояние от сопла до изделия, мм	7-10	8-14	10-12	12-22	22-25

Расход газа принимается 8 -16 л /мин;

Расстояние от сопла до горелки 8-14 мм.

2.5.10 Расчёт величины погонной энергии

$$q_{\text{поз}} = \frac{0,24 \cdot U_{\text{д}} \cdot I_{\text{св}} \cdot \eta}{V_{\text{св}}}; \quad (16)$$

где η - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, при сварке в защитных газах приблизительно величина $\eta = 0.75-0.9$;

$q_{\text{поз}}$ - погонная энергия,

$U_{\text{д}}$ - напряжение дуги,

$V_{\text{св}}$ - скорость сварки,

$I_{\text{св}}$ - сварочный ток.

Расчёт шва №1 по формуле (11)

$$I_{\text{св}} = 110 \text{ А};$$

$$U_{\text{д}} = 25 \text{ В};$$

$$V_{\text{св}} = 0,316 \text{ см/с};$$

$$q_{\text{поз}} = \frac{0,24 \cdot 25 \cdot 110 \cdot 0,75}{0,316} = 1566 \text{ ккал / см .}$$

Расчёт шва №2 по формуле (11)

$$I_{CB} = 270 \text{ A};$$

$$U_D = 28 \text{ В};$$

$$V_{C6} = 0,359 \text{ см/с};$$

$$q_{\text{ног}} = \frac{0,24 \cdot 28 \cdot 270 \cdot 0,75}{0,359} = 3790 \text{ ккал / см}.$$

Расчёт шва №3 по формуле (11)

$$I_{CB} = 110 \text{ A};$$

$$U_D = 25 \text{ В};$$

$$V_{C6} = 0,175 \text{ см/с};$$

$$q_{\text{ног}} = \frac{0,24 \cdot 25 \cdot 180 \cdot 0,75}{0,2} = 4050 \text{ ккал / см}.$$

Сталь Optim700MS по химическому составу соответствует отечественной стали марки S700MS. При определённых скоростях охлаждения стали с таким химическим составом склонны к образованию закалочных структур. Поэтому для принятых параметров режима сварки необходимо определить скорости охлаждения свариваемого металла в зоне термического влияния. Диапазон оптимальных скоростей охлаждения стали S700MS (соответственно стали S700) от одного до пятнадцати градусов за секунду. Выход скорости охлаждения за указанный диапазон может привести или к образованию в зоне термического влияния перегрева или к образованию закалочных структур. И то и другое нежелательно. Необходимая скорость охлаждения обеспечивается выбором оптимальных режимов сварки.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

2.6 Выбор сварочного оборудования

2.6.1 Описание конструкции сварочной установки

Для механизированной сварки применяем полуавтомат Kemppi FastMig KM 500 используемый в базовом технологическом процессе.

Для автоматической сварки предлагается сварочный центр портального типа Vebs для сварки в защитных газах (рис.2.8) С источником питания ВДУ-506.

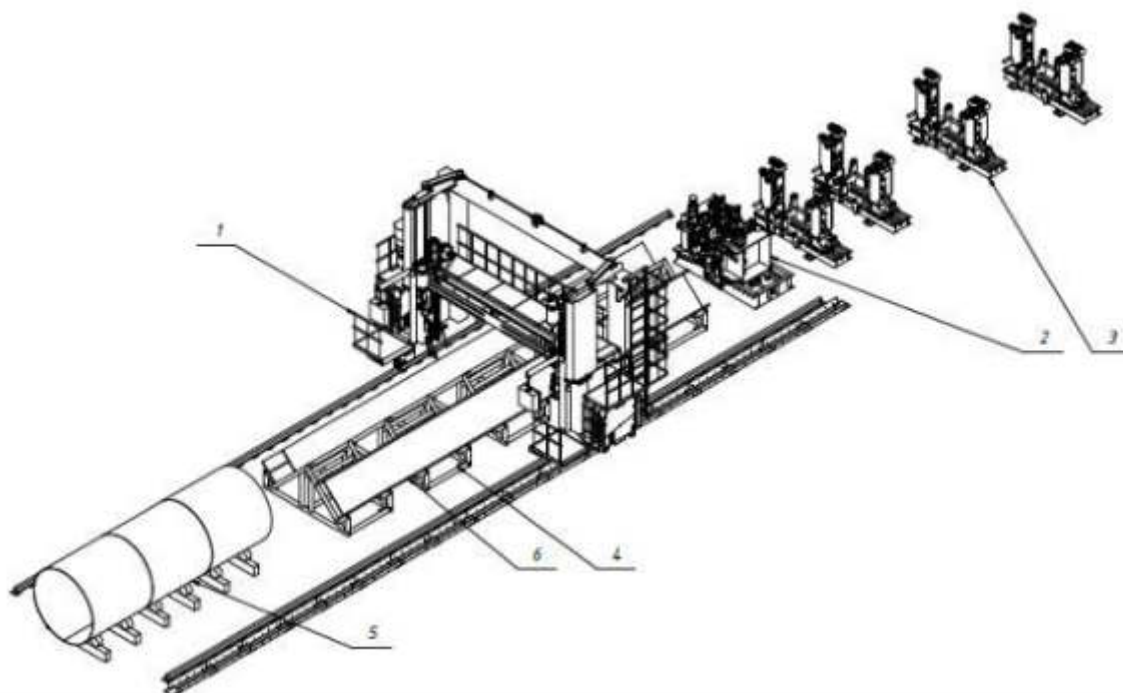


Рисунок 2.8 Принцип работы сварочного центра портального типа

Особенности сварочного центра портального типа:

- слайды системы слежения работают на весь проем портала ширина до 5000мм., высота до 4000мм. -универсальная система слежения с бесконтактными сенсорами и тактильным щупом.
- светодиодная подсветка рабочей зоны.
- сварочные горелки имеют регулировки, обеспечивающие необходимое пространственное положение.
- конструкция сварочного центра поз.1 позволяет интегрировать в состав дополнительное оборудование

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

А) установку для механизированной сборки двутавровых балок в горизонтальном положении стенки поз.2 и обеспечивать одновременно сборку балок и автоматическую сварку поясных швов.

В) роликовых вращателей поз. 5 для сварки кольцевых стыков.

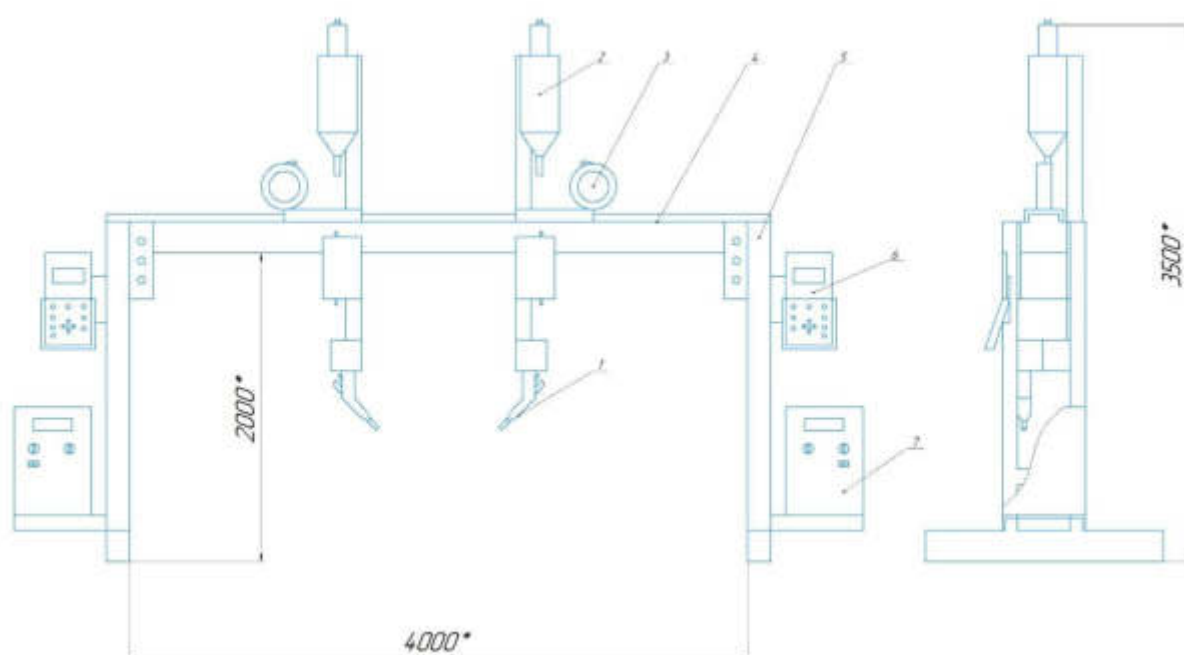


Рис. 2.9 –Конструкция сварочного центра портального типа Vebs

1 – сварочная головка болон с защитным газом; 2 – болон с защитным газом; 3 – контейнер для сварочной проволоки пульт управления; 4 – несущая балка; 5 –вертикальные стойки; 6 – пульт управления; 7 – Источник питания Atisto Mig 5000iR.

Таблица 2.12 – Технические характеристики сварочный центр портального типа Vebs

Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	1,2-2,0; 2,0-5,0
Скорости подачи электродной проволоки, м/ч	50-500
Скорость сварки, м/ч	2-240

Продолжение таблицы

Вертикальный ход, мм	500
Поперечная коррекция электрода, мм	±130
Коррекция угла наклона головки, градусы	45
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	500x230x440
Масса сварочного автомата, кг	250

Конструкция сварочного центра портального типа:

Сварочный портал – выполнен в виде жесткой замкнутой конструкции. Вертикальные стойки замкнуты жесткой связью и являются направляющими для перемещения подвижной несущей балки

Подвижная балка обеспечивает грубую настройку положения сварочных горелок в вертикальной плоскости для работы в двух диапазонах от 0 до 2000мм и от 2000 до 4000мм. Привод перемещения электромеханический. Ход по вертикали 2000мм.

Вертикальные суппорта выполнены из жесткого алюминиевого профиля таврового сечения обеспечивают точное перемещение и позиционирование сварочной горелки во всей рабочей зоне (проем портала).

Подвижная несущая балка размещает на себе две каретки с электромеханическим приводом для перемещения вертикальных суппортов в горизонтальной плоскости. Данная компоновка повышает универсальность оборудования и полезную высоту проема портала.

Система слежения по двум координатам является универсальной и может работать с двумя бесконтактными сенсорами или одним тактильным щупом. Выравнивание отклонений положения до 1500 мм по вертикали и 3600 мм по горизонтали. Датчики бесконтактные с аналоговым сигналом – точность позиционирования ± 0.5 мм.

Конструктивно тактильный щуп построен на базе тех же сенсоров, что позволяет обеспечить их взаимозаменяемость и обеспечить переход от бесконтактной к контактной системе без смены ПО.

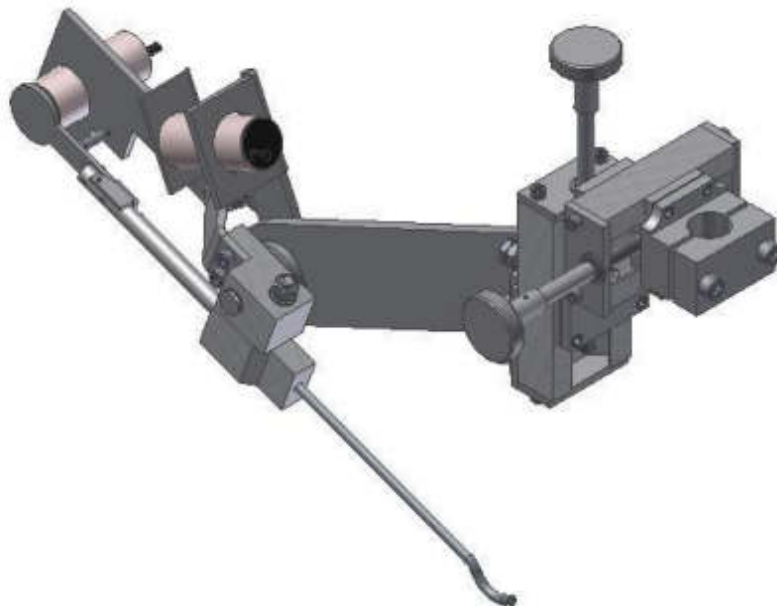


Рисунок 2.10 Тактильный щуп

Сварочный выпрямитель представляет собой устройство для преобразования переменного тока в постоянный (выпрямленный).

Сварочные выпрямители считаются наиболее перспективным типом источников питания постоянного тока и обладают рядом преимуществ:

1. Высокий коэффициент полезного действия.
2. Широкие пределы регулирования сварочного тока и напряжения.
3. Высокие динамические свойства.
4. Повышенные технико - экономические показатели.

5. Надежность в эксплуатации, простота в обслуживании и ремонте, бесшумность.

6. Отсутствие вращающихся частей.



Рис.2.11 Выпрямитель Aristo Mig 5000iR

Таблица 2.13 – Технические характеристики Aristo Mig 5000iR

Тип источника	Выпрямитель
Вид сварки	MIG/MAG
Напряжение сети, В	400

Продолжение таблицы

Номинальный сварочный ток, постоянный /переменный ,А	500/460
Продолжительность включения(ПВ) при силе тока 400/500 А.	100/60%
КПД, %	87
Мощность при холостом ходе, А	50
Частота, Гц	50/60
Диапазон регулирования сварочного тока, А	16-500
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	625×394×776
Масса источника питания, кг	68

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1 Способы и средства контроля качества

Входной контроль:

Качество сварки можно обеспечить при условии, что качество исходных материалов удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям. В отношении основного металла, прежде всего, необходимо установить соответствие данных сертификата, требуемым нормативно-технической документации, заложенной в проекте и технологическом процессе.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Сварочную проволоку следует проверять на чистоту поверхности, наличие покрытий, нежелательных для заданного технологического процесса сварки. При необходимости необходимо выполнить пробную сварку, для подтверждения механических и технологических свойств применяемых сварочных материалов.

Текущий контроль: Текущий контроль технологии изготовления сварной конструкции включает в себя контроль сборки узлов под сварку и соблюдением режимов сварки, которые установлены в техпроцессе. В свариваемых изделиях следует проверить их общую форму и размеры, шероховатость и геометрию разделки свариваемых кромок (углы скоса кромок, толщина, ширина притупления кромок разделки). Последние также контролируются на наличие загрязнений, ржавчины и конденсированной влаги.

В собранных узлах проверяют величины зазоров в стыках и смещение свариваемых кромок, качеств и правильное наложение прихваток, и наличие выводных планок. Для контроля геометрических параметров использовать линейку (ГОСТ 427), шаблон универсальный типа УШС (ТУ 102.338 - 83), штангенциркуль ШЦ - 1 (ГОСТ 167).

Режимы сварки контролируются с целью соблюдения параметров процесса. Традиционно это выполняется визуальным наблюдением по приборам и по внешнему виду сварного шва. Внешний осмотр достаточно информативен, наиболее дешевый и оперативный метод контроля.

После того как закончена сварка, поверхность узла необходимо зачистить от брызг металла. Затем готовое изделие проходит к последующим контрольным операциям.

Контроль готовой продукции:

Качество сварки контролируют с целью выявления дефектов сварных соединений, которые, по расположению в шве, делятся на наружные и внутренние. Большая часть наружных дефектов выявляются визуальным осмотром, а их геометрические размеры измерительным контролем. Внутренние дефекты

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

обнаруживают специальными методами. Характер, причины возникновения и способы устранения дефектов приведены в таблице 2.16.

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

Таблица 2.16 – Дефекты швов при сварке

Наименование дефекта	Причины возникновения	Способ устранения
Наружные дефекты: Отклонение швов от заданных размеров.	Неправильная подготовка кромок, неверное перемещение горелки и присадочной проволоки.	Срубить или срезать сварной шов, выполнить шов в соответствии с техническими условиями.
Непровар	Несплавление основного металла с металлом шва из-за недостаточной мощности пламени, неполном прогреве кромок. Плохо зачищены кромки.	Вырубить дефектное место с последующей подваркой.
Трещины (продольные, поперечные, в металле шва или зоне термического влияния).	Нарушение режимов сварки, непригодность присадочной проволоки по химическому составу.	Удалить наплавленный металл, засверлить концы трещины, заварить место дефекта.
Подрез.	Избыточное расплавление кромок и недостаточное количество наплавленного металла.	Устранить дефекты подваркой.

Продолжение таблицы

<p>Внутренние дефекты: Шлаковые включения и оксиды.</p>	<p>Плохая зачистка кромок и присадочного металла.</p>	<p>Большое скопление шлаковых и газовых включений устраняется выборкой дефекта шва с последующей заваркой. Одиночные включения допускаются в количестве не более 5-6 штук на 1 см² сечения шва и глубиной не более 10-15% толщины металла.</p>
<p>Внутренние поры.</p>	<p>Наличие загрязнений на кромках свариваемого металла. Не соответствие химического состава основного и присадочного материалов.</p>	<p>Разделать шов в месте дефекта и заварить вновь.</p>
<p>Пережог металла.</p>	<p>Чрезмерное продолжительный нагрев металла шва.</p>	<p>Удалить участок пережога и заварить вновь.</p>
<p>Непровар кромки.</p>	<p>Сварка током недостаточной величины, при слишком быстром перемещении пламени вдоль свариваемого элемента.</p>	<p>Удалить вырубкой или вырезкой и повторно заварить.</p>

С помощью визуально - измерительного контроля проверить все швы сварного соединения на наличие внешних дефектов. Помимо внешнего осмотра стыковые швы подвергаются ультразвуковому контролю с целью обнаружения внутренних дефектов.

Метод ультразвукового контроля основан на исследовании процесса распространения упругих колебаний с частотой 0,5 - 25 МГц в контролируемых изделиях. Швы стыковых соединений контролировать эхо - методом по совмещенной схеме: прозвучивать с одной поверхности основного металла однократно отраженным лучом.

При эхо-методе признаком обнаружения дефекта является прием искателем эхоимпульса, отраженного от самого дефекта. Для получения информации о выявленных дефектах используют следующие основные измеряемые характеристики дефекта: максимальную амплитуду эхо - сигнала от дефекта, координаты расположения дефекта в шве, условные размеры его, количество дефектов на определенной длине шва.

Для проведения ультразвукового контроля предлагается использовать дефектоскоп переносной УД 2 - 70 (рисунок 2.9) и комплект датчиков. Контролируются 10% сварных стыковых швов по результатам ВИК.

3.3 Оборудование для контроля



Рисунок 2.12 – Дефектоскоп УД 2-70

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70- это точный ультразвуковой измеритель, предназначенный для обнаружения дефектов и их характеристик в основном металле трубопровода и в сварных соединениях. Благодаря своим габаритам (вес прибора 800 грамм) может использоваться в сложных и стесненных условиях, удобен при поездках и командировках. Большой дисплей, отличные технические параметры, высокая производительность обеспечивают точность измерений.

Таблица 2.17 Характеристики Дефектоскопа УД 2-70

Рабочие частоты:	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0 МГц
Диапазон контроля по стали:	от 2 до 5000 мм
Диапазон рабочих частот приёмного такта:	от 0,2 до 12 МГц
Диапазон устанавливаемых скоростей УЗ колебаний:	от 100 до 15000 м/с
Частота повторения зондирующих импульсов:	30; 60; 120; 250; 500; 1000 Гц
Диапазон регулировки усиления:	от 0 100 дБ с дискретностью 0,5; 1,0 дБ
Отсечка:	инейная, компенсированная, от 0 до 100% высоты экрана
Развёртка:	тип А, В
Диапазон задержки развёртки:	от -30 до 5000 мм
Погрешность измерения глубины залегания дефектов:	$\pm(0,5 + 0,02H)$ мм

Продолжение таблицы

Дискретность измерения расстояний:	0,1 мм
Погрешность измерения отношений амплитуд сигналов:	$\pm(0,2 + 0,03 N)$ дБ
Диапазон регулировки ВРЧ:	от 0 до 80 дБ
Память - настроек - изображения развёртки типа А - значений глубиномера :	400 400 4000
Интерфейс связи с компьютером:	USB
Размер рабочей части экрана:	111,4 x 83,5 мм
Диапазон рабочих температур:	-10...+50 °С
Электрическое питание: - аккумуляторное - сеть переменного тока	12 В; 220 В 50 Гц
Время непрерывной работы:	не менее 14 ч
Степень защиты корпуса:	IP 64
Габаритные размеры (без ручки для переноса):	не более 245x77x145 мм
Масса электронного блока:	не более 2,2 кг

Для выявления поверхностных и предповерхностных дефектов предлагается использовать метод порошковой дефектоскопии (МПД). Объем контроля составляет 10% от количества швов по результатам ВИК.

4 РАЗДЕЛ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ технологического процесса по вредным и опасным факторам

Технология сварки развивается и совершенствуется. В производство внедряются новые механизированные и автоматизированные технологические процессы, но кроме высоких технико–экономических показателей, процесс сварки обладает рядом серьезных опасных факторов. Поэтому при проектировании участка сборки и сварки четвёртой секции стрелы автомобильного крана КС 65717 одной из главных задач является создание безопасных условий труда.

В сварочном производстве корпуса четвёртой секции автомобильного крана КС-65717 существуют следующие опасные факторы:

1. Движущиеся машины и механизмы, перемещающие грузы и изделие, незащищенные подвижные элементы сварочного оборудования и оснастки могут привести к ушибам, увечьям людей, вывести из строя установки;

2. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны. Серьезным потенциально опасным фактором является загрязнение воздушной среды в цехе пылью (сварочным аэрозолем) и газами. При сварке нагретые до высокой температуры и поэтому более легкие, чем окружающий воздух, пары металла, компонентов электродного покрытия или других сварочных материалов поднимаются над местом сварки и попадают в зону температур одного порядка с окружающим воздухом, поэтому быстро конденсируются и затвердевают. Образуется твердая фаза частиц сварочной пыли – аэрозоль конденсации (сварочный аэрозоль), состоящий из окислов железа, марганца, хрома, двуокиси кремния и других токсичных веществ, входящих в состав свариваемых изделий и сварочных материалов. Систематическое воздействие сварочного аэрозоля при отсутствии необходимых средств и мероприятий охраны труда может вызвать у рабочих профессиональные заболевания – силикоз, интоксикация марганцем,

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

это приводит к тяжелым поражениям органов дыхания и нервной системы. В зоне дыхания сварщика при сварки в CO_2 содержание пыли в зоне сварки значительно. Несмотря на то, что в зоне дуги углекислый газ диссоциирует на окись углерода и кислород, не наблюдаются высокие концентрации CO . Указанное обстоятельство объясняется тем, что при выходе из зоны высоких температур окись углерода вновь соединяется с кислородом и превращается в углекислый газ. Встроенными в сварочное оборудование местными воздухоприемниками следует удалять воздух: при сварке в инертных и смесях газов, при автоматической сварке в CO_2 - не менее $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Скорость всасывания для сварки в инертных газах и смесях не более $0,3 \text{ м/с}$, для сварки в активных газах и их смесях, а также для сварки в смесях активных газов с инертными не более $0,5 \text{ м/с}$;

3. Опасные уровни напряжения в электрических цепях. При эксплуатации электрического оборудования возникает опасность поражения электрическим током. Это могут быть ожоги, металлизация, электроудар при прикосновении к токоведущим частям. Вследствие больших величин сварочного тока дуговой разряд является источником мощного электромагнитного поля, которое может привести к нарушениям функционирования внутренних органов и головного мозга;

4. Повышенная температура воздуха рабочей зоны;

5. Повышенный уровень электро-магнитных излучений;

6. Повышенная яркость света. Наличие источников повышенной яркости вызывает необходимость частой переадаптации зрения, недостаточное освещение рабочего места может вызвать утомление глаз, снижение внимания, работоспособности;

7. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;

8. Повышенный уровень инфракрасной радиации;

9. Производственный шум.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

Система индивидуальной защиты сварщика должна включать в себя:

- Сварочную маску. Сварочная маска обеспечивает защиту сварщику от светового и инфракрасного излучения, а если маска оснащена системой подачи воздуха то она защищает еще и от вредных газов.

- обувь с прорезиненной подошвой. Обувь такого типа обеспечивает защиту сварщика от удара заземлённым током.

- Костюм сварщика. Сварочная роба защищает тело, а сварочные рукавицы защищают руки сварщика от ожогов

Стационарное рабочее место, предназначенное для автоматической и механизированной сварки в защитных газах и их смесях, должно иметь:

- сварочное оборудование и оснастку рабочего места в соответствии с требованиями технологии;

- при механизированной сварке плавящимися электродами в среде защитных газов на рабочих столах (или манипуляторах) должны быть установлены наклонные или вертикальные панели равномерного всасывания или широкие боковые отсосы, регулируемые с таким расчетом, чтобы не нарушать газовую защиту дуги.

- приспособления для установки свариваемых деталей (манипуляторы, кантователи) должны обеспечивать устойчивое положение свариваемой детали и, при необходимости, удобство ее поворота и перемещения.

Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда на участке. На участке сварке должны находиться:

- Система вентиляции участка. Системы вентиляции должны обеспечить в сборочно-сварочных цехах и на участках микроклимат (температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха) в соответствии с СНиП 41-01-2013, а также содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

- Система освещения Освещение является одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. Неудовлетворительное освещение вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание работающего, снижает производительность труда, ухудшает качественные показатели и может оказаться причиной несчастного случая. Неудовлетворительное освещение в течении длительного времени может также привести в ухудшению зрения .

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав существующую технологию изготовления четвёртой секции стрелы крана КС 65717 из стали Optim700MS, были внесены предложения по ее совершенствованию: замена механизированной сварки протяженных швов заменить на автоматическую в среде защитных газов в частности смеси аргона и углекислоты. В результате этого повышается качество сварных швов, значительно снижается трудоемкость изготовления изделия.

Учитывая, что первая секция стрелы крана КС 65717 изготавливается из стали Optim700MS, выбраны сварочные материалы: сварочная проволока ESAB aristorod 69 ТУ 1227-20-55224353, К 18 (82% Ar + 18%CO₂) ТУ 2114-004-00204760-99.

Рассчитаны параметры режимов сварки и выбрано соответствующее сварочное оборудование и материалы. Предложено оборудование для сборки и сварки. Описаны меры, применяемые на участке для обеспечения комфортных и безопасных условий труда производственных рабочих.

Выполнена планировка участка сборки и сварки контейнера. Описаны меры, применяемые на участке для обеспечения комфортных и безопасных условий труда производственных рабочих.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Сорокин, В.Г. Стали и сплавы. Марочник: справочное издание / В.Г. Сорокин. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.

2 Учебное пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Производство сварных конструкций» / М.В. Шахматов. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 22 с.

3 Производство сварных конструкций: методическое пособие по курсовому проектированию / М.В. Шахматов, Д.М. Шахматов. – Челябинск: ЮУрГУ, 2009. – 118 с.

4 Сварка в машиностроении: справочник в 4 т./ под ред. Г.А. Николаева. : Машиностроение, 1979. – Т.2. – 462 с.

5 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

6 Сварка в машиностроении: справочник / под. ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1972 – 462 с.

7 Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. / под. ред. В.А. Винокурова. – М.: Машиностроение, 1979. – Т.3. – 468 с.

8 Сварка и свариваемые материалы: справочник: в 3 т. / под. ред. В.Н. Волченко. – М.: Изд-во МГТУ, 1998. – Т.2. – 574 с.

9 Гитлевич, А.Д. Альбом механического оборудования сварочного производства / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, А.И. Клейнер. – М.: Высшая школа, 1974. – 159с.

10 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства: учебник / А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф. – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.

11 Голиков, В.Н. Производственный менеджмент: учебное пособие / В.Н. Голиков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 32 с.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

12 Кульневич, Т.В. Техническое нормирование сварочных процессов: учебное пособие для выполнения курсовых и дипломных проектов / Т.В. Кульневич, А.А. Колпаков, В.Н. Голиков. – Челябинск: ЧПИ, 1984. – 33 с.

13 Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов: учебник / А.И. Красовский. – М.: Машиностроение, 1980. – 387 с.

					15.03.01.2020.129.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56