

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Заочный»  
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ М.А. Иванов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Технология сборки и сварки ригеля каркаса здания ТРК  
«Веер-Молл»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-15.03.01.2019.177.00 ПЗ ВКР**

Руководитель работы

\_\_\_\_\_

Должность

\_\_\_\_\_ А.К. Тиньгаев  
И.О., Фамилия

Подпись

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ-540

\_\_\_\_\_ Ю.М. Белоусов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролёр  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Челябинск, 2019  
ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
ОГЛАВЛЕНИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Анализ конструкции изделия	7
1.2 Материал изделия и его свариваемость	12
1.3 Условия эксплуатации изделия	14
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	15
2.1 Базовый вариант технологического процесса	15
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса	24
2.3 Выбор сварочных материалов	30
2.4 Расчет режимов сварки	31
2.5 Выбор сборочного и сварочного оборудования	42
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	52
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	55
4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов	55
4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ	58
4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда	58
4.2.2 Обеспечение пожарной безопасности	61
4.2.3 Обеспечение электрической безопасности	62
4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами	64
4.4 Планировка оборудования и рабочих мест	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	71

## ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие строительной отрасли в Российской Федерации находится на высоком уровне. Высокое качество строительных конструкций позволяет получать конкурентоспособную продукцию среди заводоизготовителей металлоконструкций.

Высокое качество получаемых конструкций достигается путем внедрения передовых технологий. Благодаря этому получается возводить безопасные и экономичные здания и сооружения.

Одним из основных элементов металлоконструкций является ригель. В настоящее время на Челябинском заводе металлоконструкций размещен заказ на изготовление металлоконструкций каркаса ТРК «Веер-Молл», который строится в г. Екатеринбург.

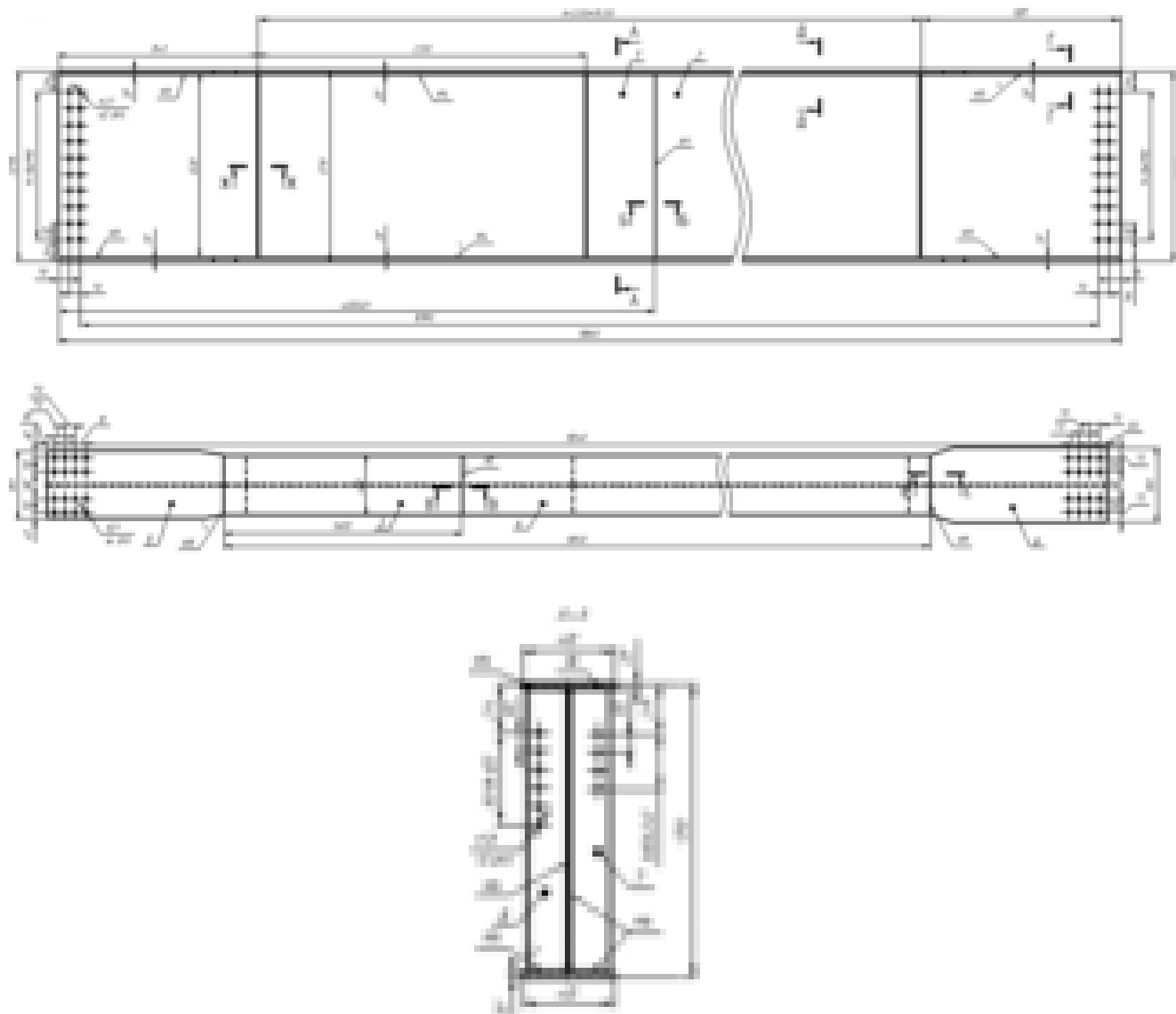
Ригель является несущей конструкцией, что позволяет разрабатывать его в различных исполнениях. Требования к качеству ригелей достаточно высокие, поэтому, способы изготовления должны обеспечивать высокое качество.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

Ригели применяются в качестве основных опорных элементов большинства строительных металлоконструкций. Они удерживают на себе основные нагрузки от металлоконструкций и работают помимо изгиба также на растяжение и на сжатие. Общий вид рассматриваемого ригеля приведен на рисунке 1.1.



1 – Лист стенки 1228×4000; 2 – Лист стенки 1228×11880; 3 – Лист полки 400×1600; 4 – Лист полки 400×11900; 5 – Лист 450×36; 6 – Лист 500×36; 7 – Ребро жесткости 173×10; 8 – Ребро жесткости 173×8

Рисунок 1.1 – Общий вид ригеля

Общий вид листа стенки 1228×4000 показан на рисунке 1.2.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

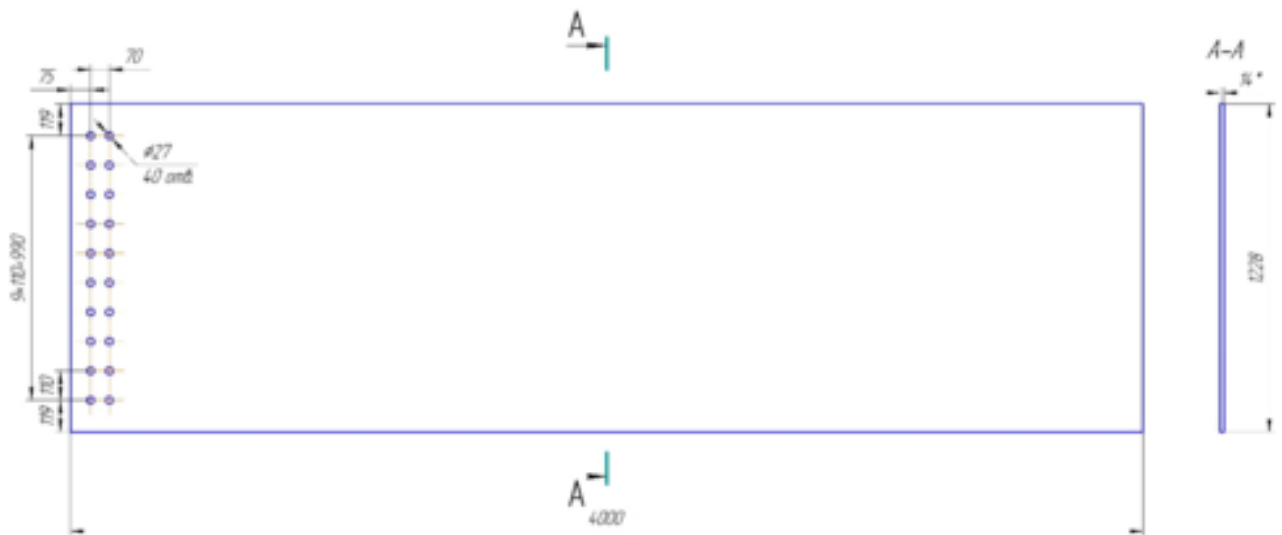


Рисунок 1.2 – Общий вид листа стенки 1228×4000

Общий вид листа стенки 1228×11880 показан на рисунке 1.3.

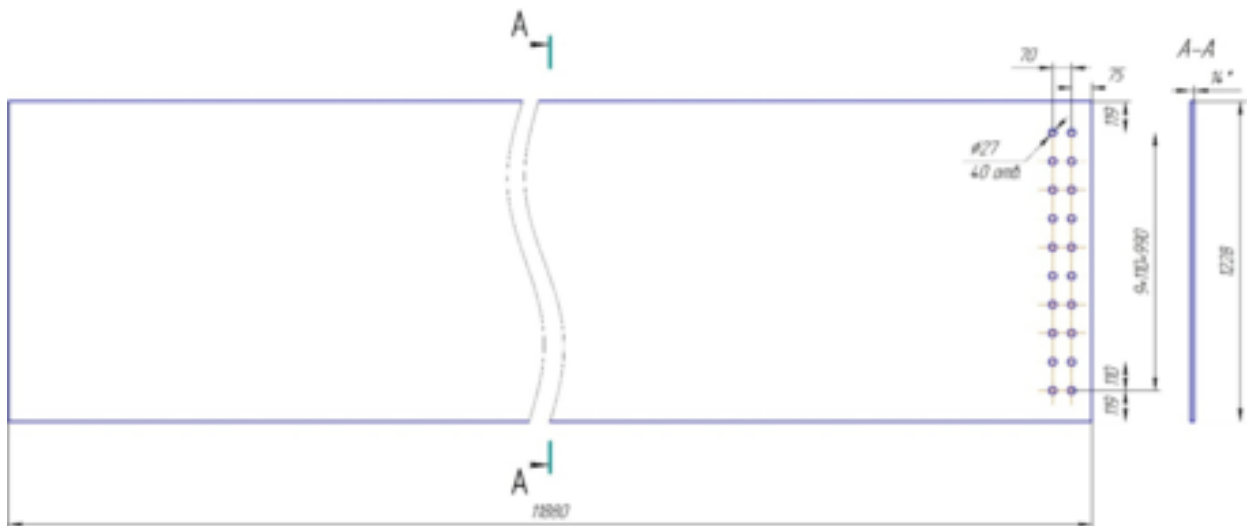


Рисунок 1.3 – Общий вид листа стенки 1228×4000

Общий вид листа полки 400×1600 показан на рисунке 1.4.

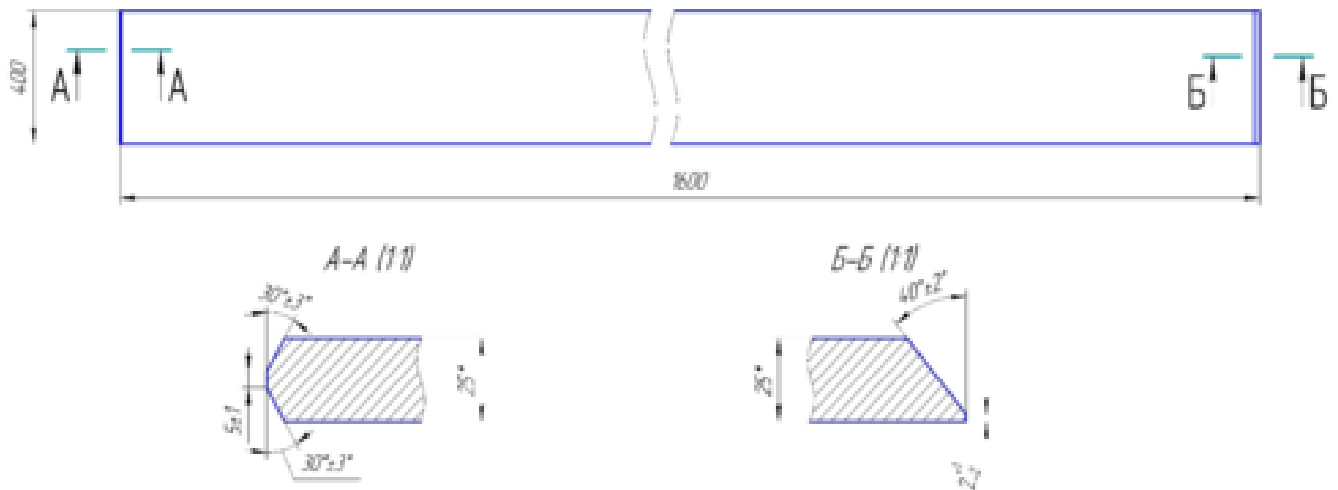


Рисунок 1.4 – Общий вид листа полки 400×1600

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Общий вид листа полки 400×11900 показан на рисунке 1.5.

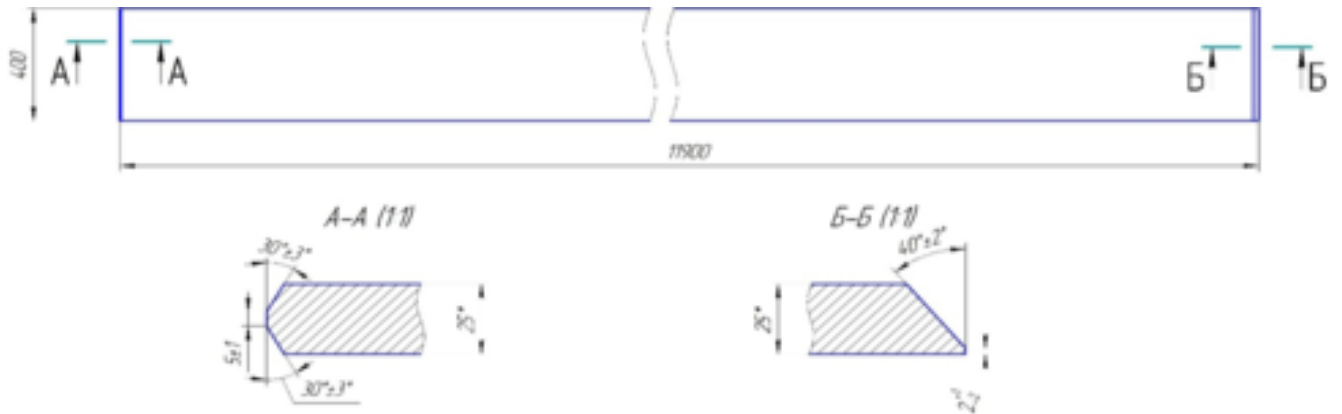


Рисунок 1.5 – Общий вид листа полки 400×11900

Общий вид листа 450×36 показан на рисунке 1.6.

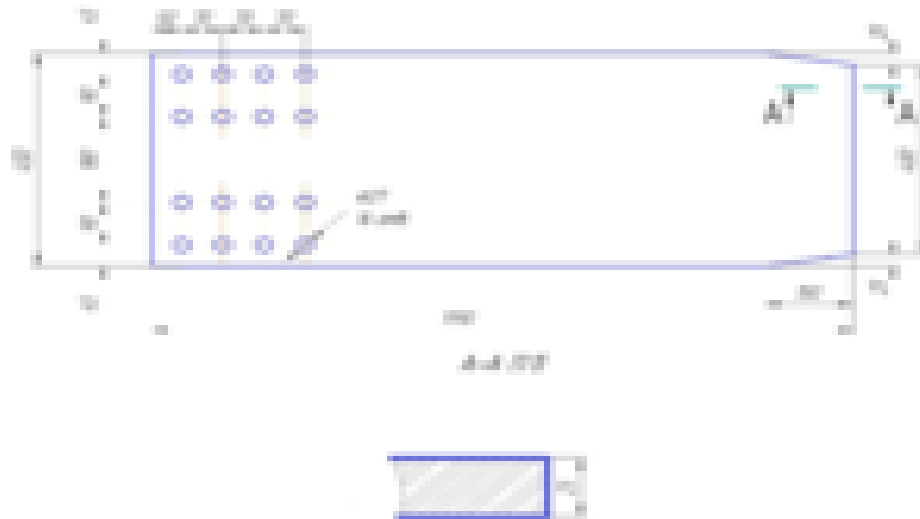


Рисунок 1.6 – Общий вид листа 450×36

Общий вид листа 500×36 показан на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Общий вид листа 500×36

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

10

Общий вид ребра жесткости 173×10 показан на рисунке 1.8.

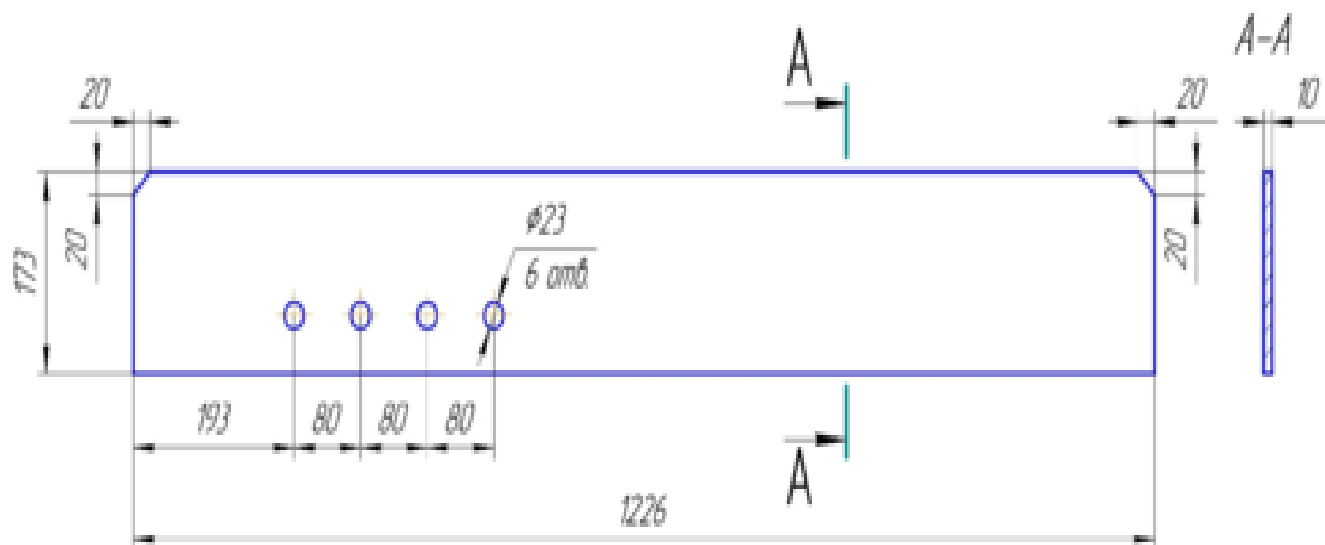


Рисунок 1.8 – Общий вид ребра жесткости 173×10

Общий вид ребра жесткости 173×8 показан на рисунке 1.9.

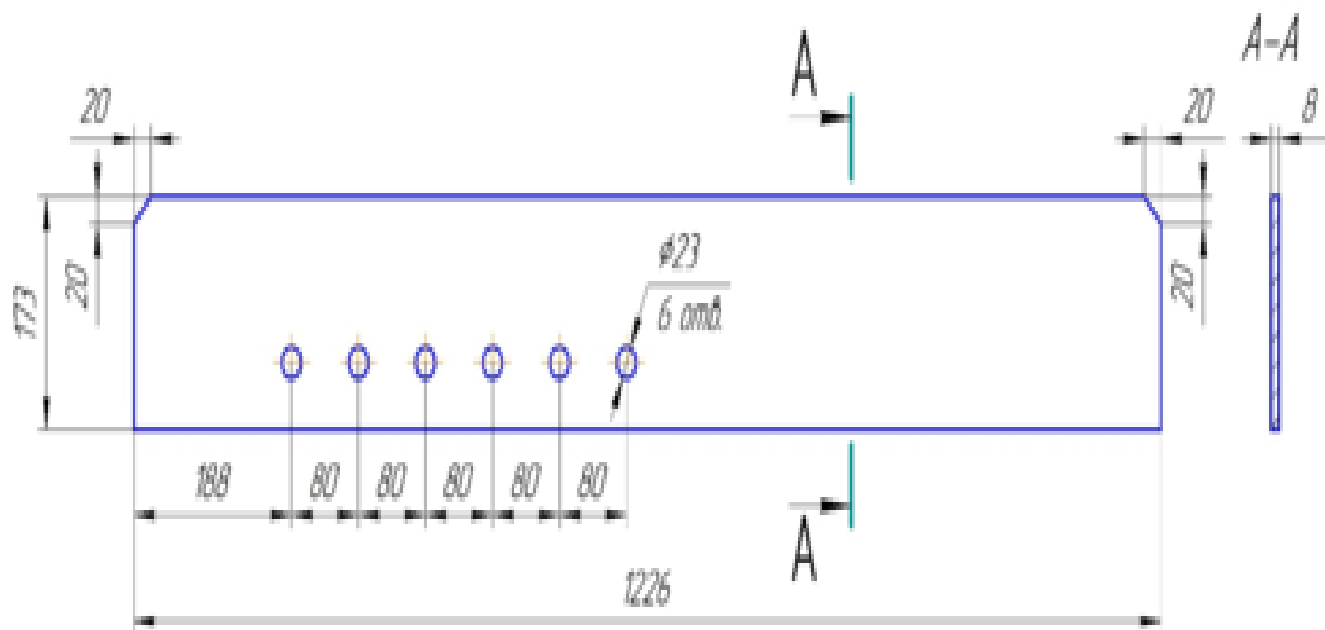


Рисунок 1.9 – Общий вид ребра жесткости 173×8

Количество сборочных элементов, составляющих конструкцию ригеля следующее:

- Лист стенки 1228×4000 – 1 шт;
- Лист стенки 1228×11880 – 1 шт;
- Лист полки 400×1600 – 2 шт;
- Лист полки 400×11900 – 2 шт;
- Лист 450×25 – 2 шт;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

11

- Лист 500×25 – 2 шт;
- Ребро жесткости 173×10 – 7 шт;
- Ребро жесткости 173×8 – 7 шт.

Схема расположения и общий вид сварных швов показаны на рисунке 1.10.

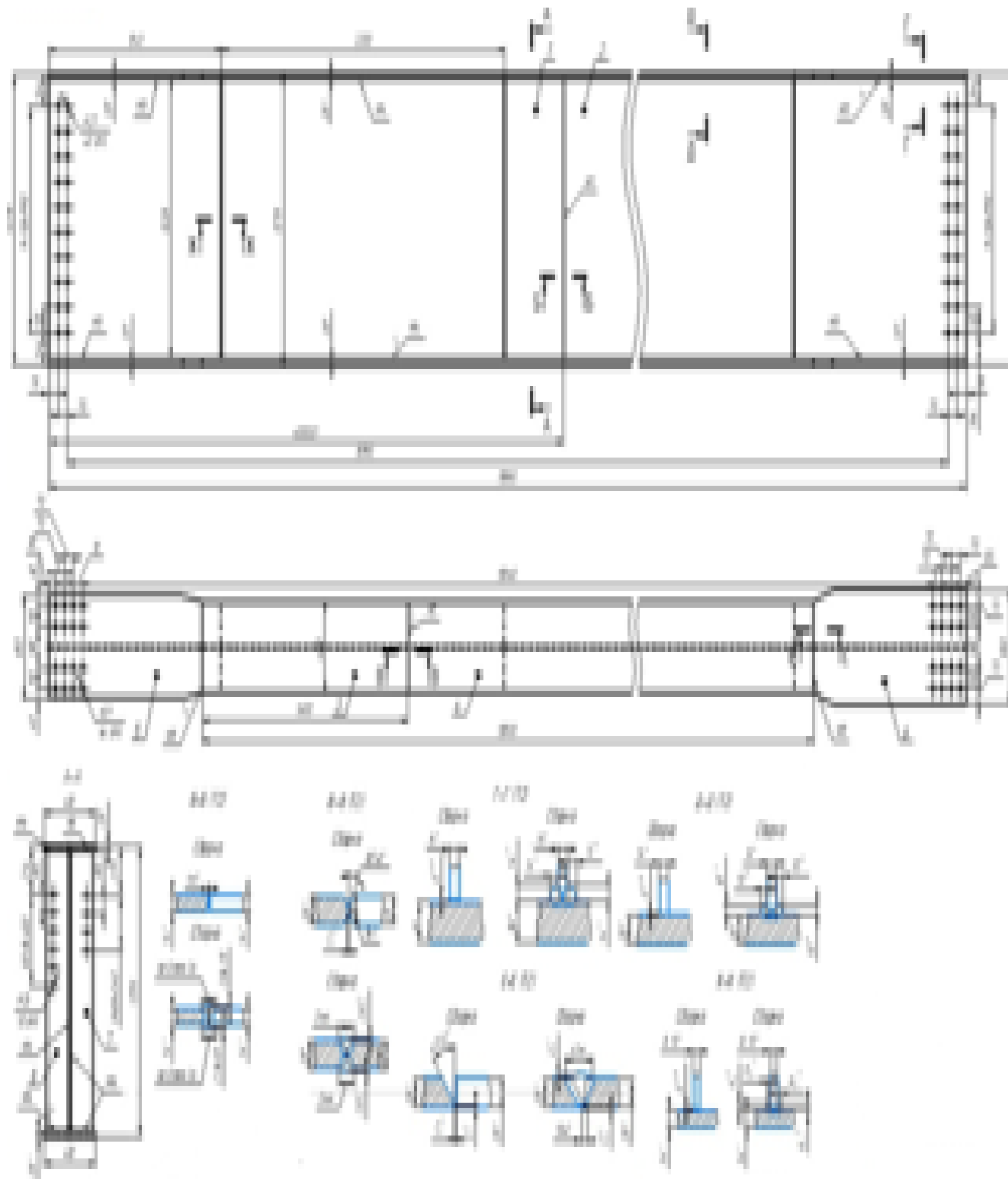


Рисунок 1.10 – Схема расположения и общий вид сварных швов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

12



## 1.2 Материал изделия и его свариваемость

Основным металлом при изготовлении ригеля является сталь строительная С355 по требованиям ГОСТ 27772-2015. Указанная сталь включает маркировку нескольких видов стали, поставляемых по пределу текучести. Назначение – различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающие при температуре от -70 до +425°С под давлением.

Химический состав стали С355 (ГОСТ 27772-2015) приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав стали С355 по ГОСТ 27772-2015

Химический состав стали С355, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
≤ 0,14	≤ 0,8	1-1,8	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,025	≤ 0,025

Механические свойства стали С345-1 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали С355

Класс прочности	Толщина проката, мм	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
355	8...16	355	470	21
355	16...40	345	470	21

Одним из важнейших свойств материалов является их свариваемость.

Свариваемость – это комплексная характеристика, определяемая химическими и физическими свойствами стали, способами и режимами сварки, применяемой технологией, а также оценивающая способность стали образовывать сварное соединение, отвечающее заданным эксплуатационным свойствам.

Удовлетворительная свариваемость должна обеспечивать соответствие сварного соединения определенным технологическим требованиям.

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

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Оценку свариваемости обычно устанавливают по результатам испытания специальных образцов – проб. Выбор вида испытаний зависит от свойств металла и условий работы сварного изделия.

Но кроме этого практикой изготовления сварных соединений по накопленным статистическим данным выработан ряд методик косвенной оценки свариваемости.

#### *Оценка стали С355 на склонность к образованию холодных трещин*

Холодные трещины и трещины, вызываемые водородом, – это дефекты, которые образуются по окончании сварки, когда температура соединения окажется ниже 250-200 °С. Холодные трещины зарождаются через некоторое время после сварки, а затем постепенно на протяжении нескольких часов развиваются в глубину и длину.

Для оценки склонности стали к образованию холодных трещин, воспользуемся формулой определения эквивалентного содержания углерода по формуле (1) (формула Сефериана):

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13}, \% \quad (1)$$

Установлено, что с увеличением  $C_{\text{экв}}$  свариваемость стали ухудшается. Считается, что если эквивалентное содержание углерода больше 0,45 %, то сталь склонна к образованию холодных трещин.

Определим чувствительность стали С355 на склонность к образованию холодных трещин по формуле (1):

$$C_{\text{экв}} = 0,15 + (1,7 + 0,3) / 9 + 0,3 / 18 = 0,43, \% < 0,45\%.$$

Следовательно, сталь С355 не склонна к образованию холодных трещин.

#### *Оценка стали С355 на склонность к образованию горячих трещин*

Горячие трещины относятся к сварочным трещинам, которые могут возникать как в металле, так и в зоне термического влияния. Главной причиной возникновения горячих трещин является снижение деформационной способности металла при высоких температурах.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Чувствительность стали С355 на склонность к образованию горячих трещин определим по формуле (2):

$$HCS = \frac{C \left[ S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right] \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (2)$$

Подставим в формулу (2) значения из таблицы 1:

$$HCS = \frac{0,15 \left[ 0,04 + 0,035 + \frac{0,8}{25} + \frac{0,3}{100} \right] \cdot 10^3}{3 \cdot 1,5 + 0,3} = 3,44.$$

Так как  $HCS < 4$ , то горячие трещины в сварном соединении не образуются.

Вывод: используемая в конструкции сварногоригеля сталь С355 обладает хорошей свариваемостью и не склонна к образованию холодных и горячих трещин.

### 1.3 Условия эксплуатации изделия

Ригели - конструктивные элементы сплошного или сварного сечения, работающие на изгиб. Ригели - входят в состав конструкций сооружений. Они представляют собой основные элементы рам различного назначения, например рамы перекрытия и мостов. Большие применение имеют балки кранов, вагонов, станин, а так же металлических каркасов зданий, двутавровые балки и ригели с измененным поперечным сечением. Сварные ригели и двутавры целесообразны и экономичны. Они позволяют изготовить профили с разной шириной и толщиной вертикальных листов. При проектировании конструкций сварных балок и ригелей учитывают следующие требования:

Жесткость конструкции при условии наименьшего условия балки.

Расчетные напряжения в балке не должны превышать допускаемых значений.

Вес балки, удовлетворяющие всем требованиям эксплуатации, тем более рационально спроектирована конструкция.

Устойчивость. Местную для отдельных частей ригеля, а также для всей конструкции в целом.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Рациональность сварных изделия. Соединения балок должны быть технологичными в изготовке, то и есть простыми, и экономичными в изготовлении.

Соответствия требованиям общей компоновке всего сооружения, в состав которых в качестве элемента входит рассматриваемая балка и ригель. Балки и ригели применяются для конструкций большой грузоподъемности.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологического процесса.

Первой операцией на производстве является входной контроль. На данной операции весь листовой прокат проходит входной контроль. При входном контроле проверяются сертификатные данные, геометрические размеры. Также от одного листа от каждой партии отбирается проба для лабораторного исследования химического состава и проверки механических свойств.

После проведения входного контроля весь прокат проходит операцию дробеметной очистки для удаления прокатной окалины, грата, нагартовки и прочих загрязнений. Очистка проводится на дробеметной установке проходного типа.

После проведения операции очистки, каждый лист складироваться на площадке предварительного хранения.

Далее все листы проходят операцию правку на вальцовочном стане.

После правки листы, предназначенные для изготовления стенки, в первую очередь, подвергаются термической резке. Резка производится плазменной струей на портальной машине термической резки. После этого раскрою подвергаются остальные листы, из которых изготавливаются другие детали.

Вырезанные заготовки проходят операцию текущего контроля и проверяются по геометрическим параметрам. Заготовки складироваться на площадке складирования готовых деталей. На этой же площадке производится зачистка разрезанных деталей от шлака и острых кромок, а также заусенцев.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

После проверки часть заготовок отправляется на сборку, а часть на сверление отверстий и нарезание фасок.

Отверстия в стенках, листах и ребрах жесткости изготавливаются методом сверления.

Сборка и сварка ригеля производится в несколько этапов, производимых на разных участках, но, при этом часть операций производится параллельно:

1. Сборка и сварка стенки (укрупнение);
2. Сборка и сварка полок (укрупнение);
3. Сборка и сварка стенки с полками и листами;
4. Сборка и сварка ребер жесткости.

Сборка и сварка стенки, а также сборка и сварка полок производится на магнитной флюсовой подушке на участке предварительной стыковки. При сборке смещение свариваемых кромок не должно превышать 1 мм. Перед сваркой соединения произвести зачистку околошовной зоны на расстояние не менее 20 мм в обе стороны от стыка от ржавчины, грязи, окалины, шлака. При этом зачистку производить на флюсовой подушке запрещено.

Порядок сборки и сварки стенки следующий:

– на флюсомагнитном стенде собрать стыковое сварное соединение. Эскиз сборки показан на рисунке 2.1.

– по торцам соединения установить на прихватках выводные технологические пластины выполненные из того же металла, что и металл заготовки. Прихватки при сборке выполнять ручной дуговой сваркой, электродами типа Э50А, марка УОНИ 13/55, диаметром 4 мм. Сила тока при сварке прихваток составляет 130...150 А;

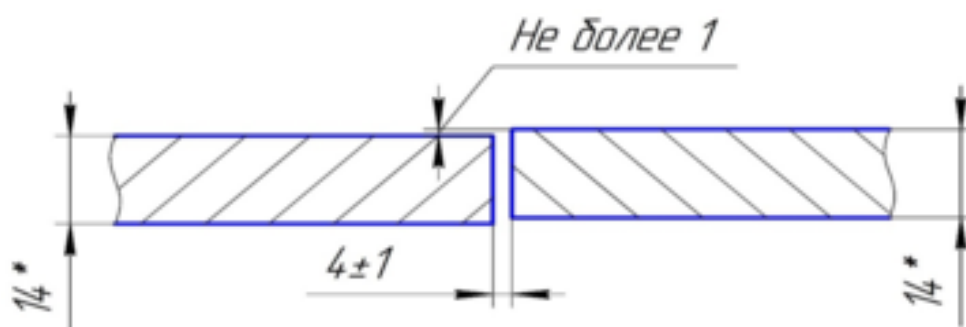


Рисунок 2.1 – Эскиз сборки

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ				

– зачистить скребком и стальной щеткой зону сварного соединения и прихватки от шлака, брызг, окалины и прочих загрязнений;

– включить электромагниты стенда и флюсовую подушку и произвести сварку стыкового шва №1 с первой стороны соединения. Зачистить шов от шлака и проконтролировать шов внешним осмотром. При отсутствии недопустимых дефектов произвести кантовку свариваемого узла на 180°, зачистить зону сварного соединения от возможного шлака, окалины и др. загрязнений и заварить стыковой шов с обратной стороны. Режимы сварки шва №1 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Режимы сварки шва №1

$I_{CB}, A$	$U_{д}, B$	$V_{CB}, \text{см/с}$
650...700	34...36	0,94

Общий вид шва №1 показан на рисунке 2.2.

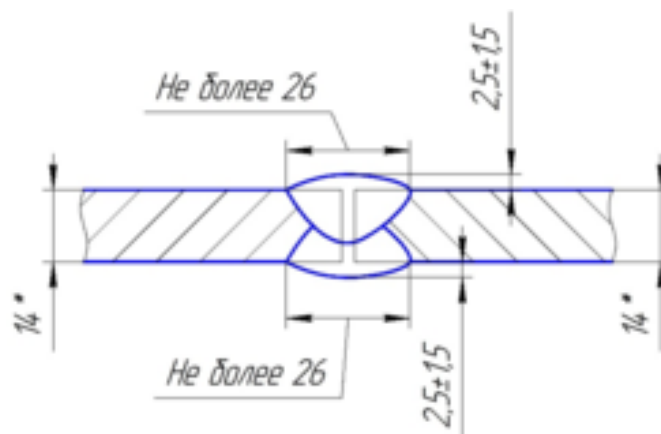


Рисунок 2.2 – Общий вид шва №1

– очистить шов от шлака и осмотреть его внешний вид. После этого при помощи кислородной резки удалить выводные планки.

После сварки шва №1 провести его ультразвуковой контроль. При отсутствии дефектов передать заготовку на последующие технологические операции. Если при контроле будут выявлены недопустимые дефекты, то произвести их исправление.

Исправление дефектного участка заваркой допускается не более двух раз.

После контроля сварных швов выполняется фрезерование усиления сварных







изготавливаются при помощи термической резки. После резки производится зачистка зоны реза от шлака.

После нарезания фасок детали поставляются на сборочный участок для укрупнения.

Следующим этапом сборки является сборка полок, листов 450×36, 500×36 со стенкой.

Сборка осуществляется на нивелированной сборочной плите. Сборка фиксируется прихватками и распорками. Длина каждой отдельной прихватки не должны быть меньше 30 мм с катетом не менее 4 мм. Расстояние между прихватками не более 300 мм. Дополнительно в местах начала и окончания сварки привариваются технологические планки.

В первую очередь производится сварка стыкового шва приварки листов 450×25 и 500×25 к полке. Схема сборки соединения показана на рисунке 2.5.

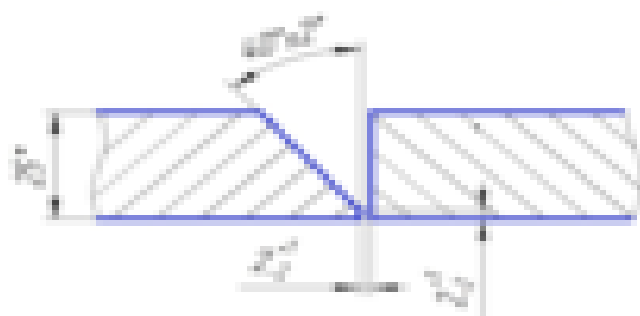


Рисунок 2.5 – Схема сборки соединения

После сборки производится предварительный подогрев до температуры 120...150 °С. Контроль температуры подогрева производится термокарандашом.

После подогрева производится сварка швов №5. Каждый наплавленный валик зачищается после сварки от шлака и брызг до металлического блеска. Режимы сварки швов №5 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы сварки шва №5

Наименование слоя	I <sub>св</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , см/с
Корневой	200...220	22...24	0,69...0,83
Заполняющий, облицовочный	300...330	30...32	0,69...0,83
Подварочный	300...330	30...32	0,69...0,83

Общий вид шва №5 представлен на рисунке 2.6.

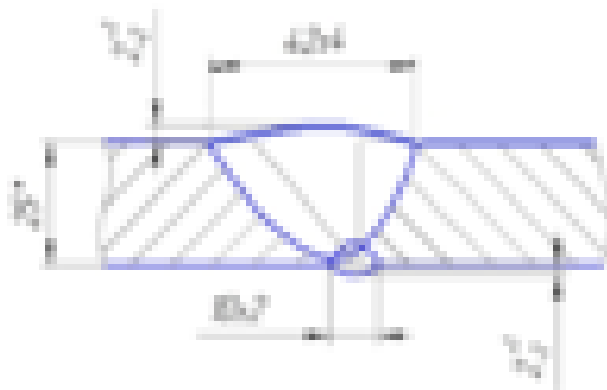


Рисунок 2.6 – Общий вид шва №5

После остывания заваренных стыковых швов до комнатной температуры, производят контроль УЗК. При выявлении дефектов сварки производится ремонт согласно ранее указанным требованиям. Места установки технологических выводных пластин обрабатывают абразивным инструментом до уровня основного металла «заподлицо».

Следующим этапом сборки является сборка полок со стенкой. Сборка фиксируется прихватками и распорками. Длина каждой отдельной прихватки не должны быть меньше 30 мм с катетом не менее 4 мм. Расстояние между прихватками не более 300 мм. Дополнительно в местах начала и окончания сварки привариваются технологические планки. Эскиз сборки показан на рисунке 2.7.

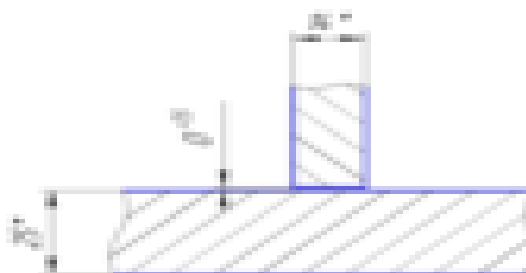


Рисунок 2.7 – Эскиз сборки

После сборки стержень ригеля подается на сварку.

При автоматической сварке под флюсом угловые швы выполняются в нижнем положении «в лодочку», для чего собранные ригели с помощью крана укладывают в специальные стеллажи таким образом, чтобы сварка первых двух

швов (1 и 2 – рисунок 2.8) производилась со стороны, противоположной прихваткам.

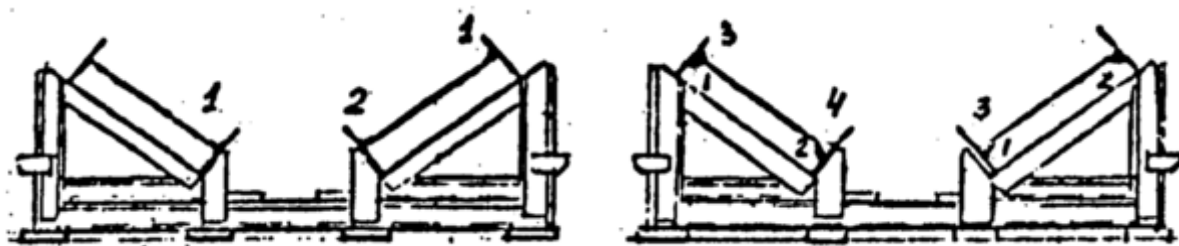


Рисунок 2.8 – Последовательность выполнения сварных швов

Кантовку в процессе сварки следует производить цепными стропами, опирая двутавры на стойки стеллажей (рисунок 2.9). По окончании сварки все вспомогательные детали удаляются с помощью кислородной резки, а следы установки зачищаются. Ригель сдается ОТК.

#### *Недостатки 1 способа*

Главным недостатком данного способа является низкая производительность, т. к. сборка и сварка – отдельные операции, а также невозможность одновременной сварки двух поясных швов.

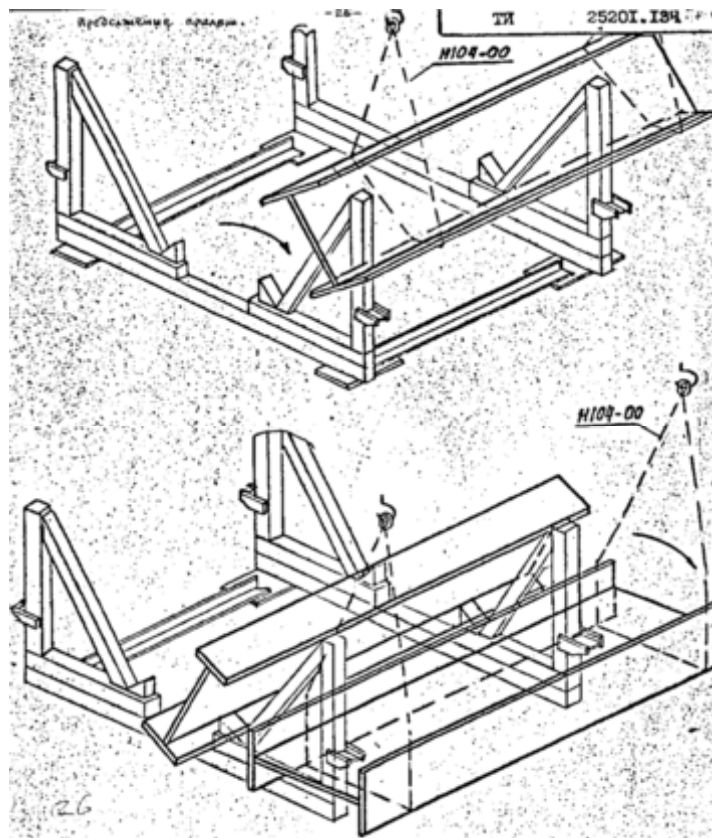


Рисунок 2.9 – Кантовка ригеля на стойках стеллажей

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

23

Недостатком сборки в кондукторе является малая степень механизации процесса. Настройку винтов регулировки положения полок относительно стенки сборщик выполняет. На это уходит много времени – отсюда низкая производительность. Также вручную, при помощи угольника, сборщик регулирует угол между полкой и стенкой. Вследствие человеческого фактора – невнимательности сборщика – может возникнуть вероятность перекоса и смещения полок относительно стенки, что приводит к браку.

При сварке поясных швов сварочным трактором со стороны сборочных прихваток в случае, когда не требуется полный провар (на практике 80-95% сварных ригелей), особенно при небольших катетах швов (6-8 мм), настройки режимов сварки не обеспечивают равномерного формирования шва, вследствие неполного переплавления прихваток, либо излишков наплавленного металла в этом месте шва, т. к. скорость сварки и подачи проволоки на сварочном тракторе остается неизменной. На месте сборочных прихваток швы, заваренные трактором, получаются более выпуклые, что является недостатком качества и внешнего вида сварного соединения.

Сварка поясных швов начинается со стороны обратной сборочным прихваткам, для этого собранная балка кантуется на обратную сторону. В случаях кантовки балок большой массы, при некачественных сборочных прихватках (большие расстояния между прихватками, неправильно выбран режим сварки – шов прихваток плохо расплавил основной металл), а также при сильных ударах собранного ригеля о стойки стеллажей может возникнуть перекос полок, который сварщик может не заметить и заварить поясные швы.

В первую очередь, производится сварка шва №3 по всей длине ригеля с катетом 10 мм. Сварка производится в положении «симметричная лодочка». Сварной шов №3 сваривается за один проход. Режимы сварки шва №3 приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Режимы сварки шва №3

И <sub>СВ</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>СВ</sub> , см/с
480...500	36...38	1,25

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					

Сварка шва №3 производится способом «крест-накрест» для снижения уровня деформаций. Общий вид шва №3 показан на рисунке 2.10.

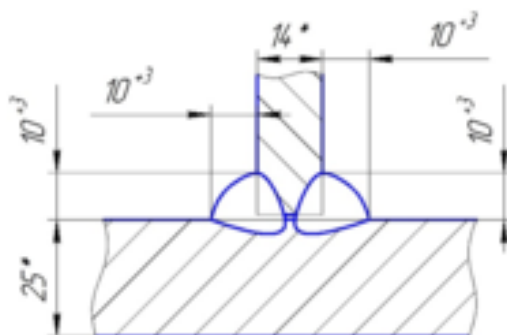


Рисунок 2.10 – Общий вид шва №3

После сварки выводные планки срезают кислородной резкой.

После этого сваренный узел осматривается, а затем отправляется на правку грибовидности.

Последним этапом сборки является сборка ребер жесткости. Сборка фиксируется прихватками длиной не менее 20 мм каждая с катетом не менее 3 мм. Шаг прихваток составляет 150 мм. Эскиз сборки показан на рисунке 20.

Далее собранный узел отправляется на сварку швов №4. Швы №4 свариваются механизированной сваркой в среде защитных газов. Режимы сварки швов №4 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы сварки швов №4

$I_{CB}, A$	$U_d, B$	$V_{CB}, cm/c$
280...300	28...30	0,75...0,83

После сварки узел зачищают и проверяют по геометрическим параметрам.

## 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.

В настоящее время на рынке сварочного оборудования достаточно разнообразное количество сварочных кантователей, предназначенные для изготовления сварных тавров и ригелей (рисунок 2.11). Изготовление ригелей на универсальном сварочном кантователе позволяет уменьшить количество

вспомогательного времени, для изготовления данного ригеля, а также уменьшения вероятности получения травм, так как большинство травм на производстве происходит при кантовке балок.

Габаритные размеры цепного кантователя позволяют разместить его в границах участка.

Технические характеристики цепного кантователя позволяют изготавливать на участке ригели с высотой стенки от 200 до 1500 мм и шириной полки от 200 до 800 мм



Рисунок 2.11 – Цепной кантователь

Также предлагается использовать универсальные станы, предназначенные для изготовления сварных тавров и ригелей (рисунок 22). Способ изготовления ригелей на универсальном стане позволяет избежать недостатков, имеющих в существующих на участке способах изготовления.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

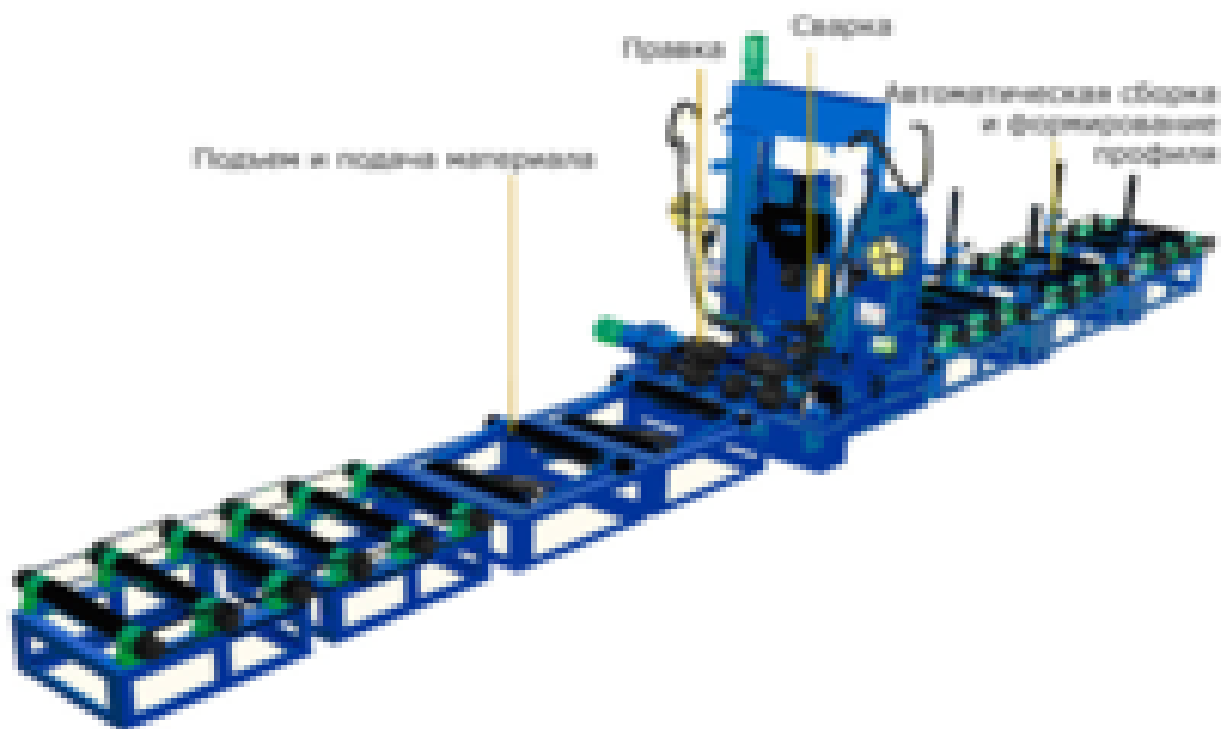


Рисунок 2.12 – Универсальный стан

Основные технические характеристики универсального стана представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные технические характеристики универсального стана

Основные технические характеристики универсального стана	
Высота стенки ригеля, мм	200-1500
Длина ригеля, мм	4000-15000
Ширина полки ригеля, мм	200-800
Толщина стенки ригеля, мм	6-32
Толщина полки ригеля, мм	8-40
Рабочая скорость линии, мм/мин	400-1000
Тип настройки скорости	Плавная
Угол регулировки сварочной головки, °	45±12.5
Сварочное оборудование	2 комплекта: источник питания + сварочная головка
Давление в гидросистеме, МПа	до 10
Объем сварочного флюса в бункере, кг	2 x 100

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

27





на вторую полку и фиксируется механизмом предварительной сборки стенки;

- производится подача ригельной заготовки в механизм центрирования сборки и сварки балки основной станины;

- включается режим сварки и выполняется сборка, сварка и правка грибовидности ригеля.

Процесс производства включает в себя три операции: сборку ригеля, путем прокатки через систему настроенных валков, сварку поясных швов под слоем флюса двумя наклонными электродами при вертикальном положении стенки и правку грибовидности. За один переход полностью изготавливается тавр, за два перехода – ригель.

Объединение сборки, сварки и правки в одну операцию, а также одновременная сварка двух поясных швов значительно снижает трудоемкость и повышает производительность изготовления сварных ригелей.

Производительность оборудования позволяет изготавливать до десяти двенадцатиметровых ригелей за рабочую смену. Количество рабочего персонала – 2 человека.

Способ наложения швов наклонными электродами при вертикальном положении стенки (рисунок 2.13) позволяет избежать перекоса полок.

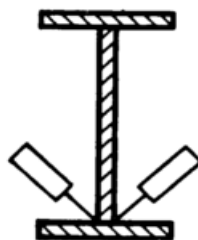


Рисунок 2.13 – Положение электродов при сварке на универсальном стане

Для исключения прожогов между сварочными дугами, дуги разделены на 150 мм вдоль линии сварки.

Электродержатели сварочных полуавтоматов настраиваются под углом  $45 \pm 12,5^\circ$  к стенке. При этом для достижения полного, либо глубокого проплавления стенки электрод смещается от вершины угла к стенке, т. е. вверх на  $2 \pm 1$  мм (рисунок 2.14), что способствует получению более равнокатетных швов.

						Лист
					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

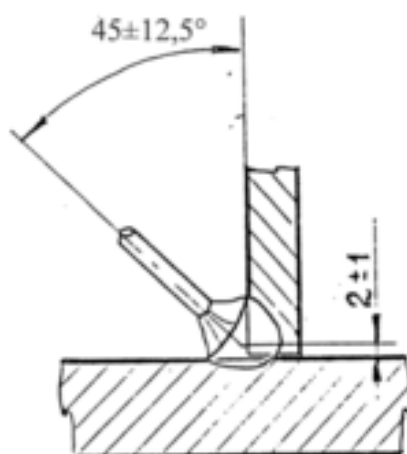


Рисунок 2.14 – Сварка в угол со смещением электрода на универсальном стане

На универсальном стане максимальный катет сварочного шва за один проход 10мм при использовании автоматической дуговой сварки проволокой Ø1,6 - Ø2 мм. Исходя из технических условий на выпускаемую продукцию, стан может оснащаться оборудованием для автоматической двухдуговой сварки под слоем флюса двумя проволоками Ø1,6 - Ø2 мм (для получения сварного катета до 12мм), либо автоматической однодуговой сварки проволокой Ø3, Ø4 мм для получения провара стенки толщиной до 14 мм без разделки кромок, как при сварке в «лодочку» сварочным трактором АДФ-1002.

Оборудование стана оснащено современной системой рециркуляции флюса, позволяющей уменьшить его расход.

Скорость правки равна скорости сварки и регулируется программируемым логическим контроллером Mitsubishi.

Процесс сборки сварки происходит в автоматическом режиме.

Во время производства можно регулировать скорость движения ригеля при помощи программного логического контроллера, тем самым контролировать качество сварного шва.

При сборке тавров и ригелей на универсальном стане центрирование положения стенки относительно полки – процесс механизированный, что позволяет производить сборку симметричных и несимметричных тавров и ригелей с высокой точностью и исключает такие дефекты сборки, как смещение и перекося полок относительно стенки.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					



Механизированная сварка производится в среде смеси газов K18 (18% CO<sub>2</sub>+82% Ar) сварочной проволокой HYUNDAI SM-70 диаметром 1,2 мм.

Химический состав проволоки HYUNDAI SM-70 приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Химический состав проволоки HYUNDAI SM-70

В процентах

C	Si	Mn	S	P
0,07	0,83	1,48	0,02	0,017

#### 2.4 Расчет режимов 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 под слоем флюса являются:

- диаметр электродной проволоки  $d_3$ ;
- ток сварки  $I_{св}$ ;
- напряжение на дуге  $U_0$ ;
- скорость сварки  $V_{св}$ ;
- скорость подачи электрода  $V_{пл}$ ;
- расход флюса;
- вылет электрода  $l_э$ .

а) Расчет параметров режима автоматической сварки под флюсом угловых швов, соединяющих стенку и полку ригеля, при сварке в «лодочку»

сварочным трактором АДФ-1002 на постоянном токе обратной полярности сварочной проволокой  $\varnothing 4$  мм.

Условное обозначение сварного соединения ТЗ (рисунок 2.16), катет шва 10мм.

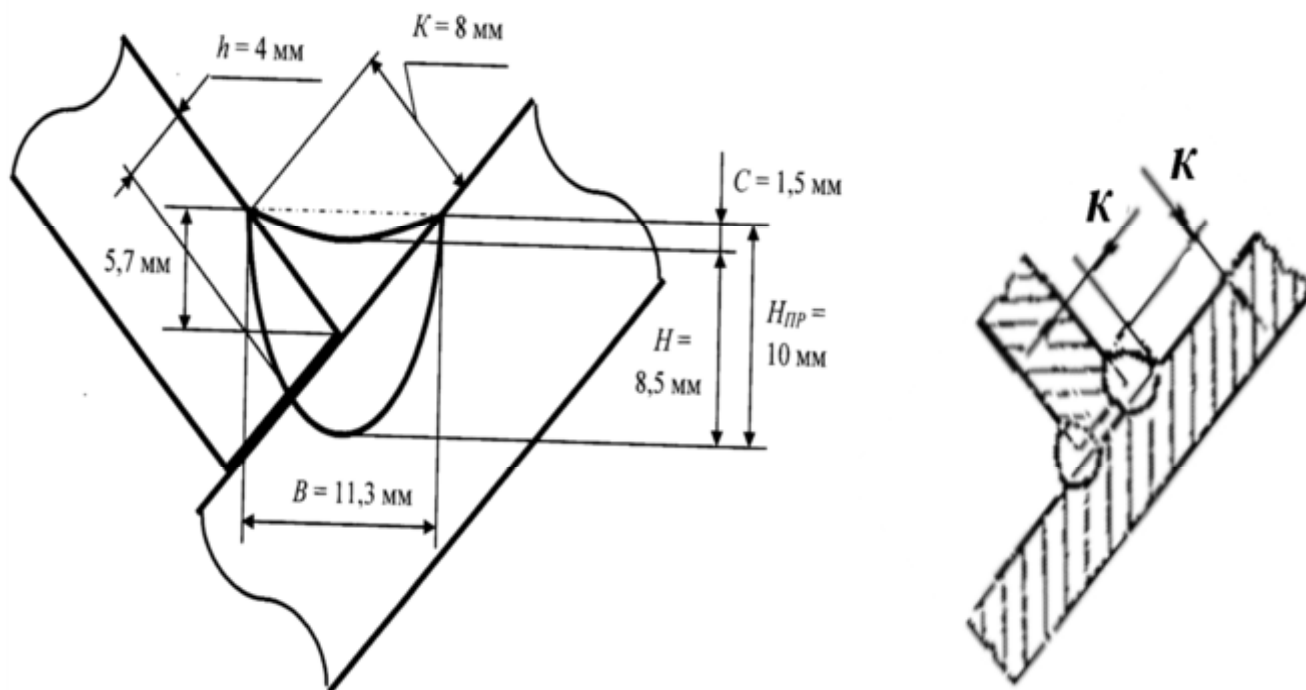


Рисунок 2.16 – Схема сварного соединения ТЗ

- 1) Диаметр электрода  $d_{\text{эл}} = 4$  мм.
- 2) Выбираем сварочный ток по формуле (3) .

$$I_{\text{св}} = \frac{H_{\text{ПР}}}{k_h} 100, A, \quad (3)$$

где  $H_{\text{ПР}}$  - глубина проплавления, мм. В нашем случае полный провар стенки не требуется, поэтому зададим  $H_{\text{ПР}} = 9$  мм;

$k_h$  – табличный коэффициент пропорциональности, зависит от рода и полярности тока,  $d_{\text{эл}}$  и защитной среды. В нашем случае  $k_h = 1,1$ . Тогда по формуле (3)

$$I_{\text{св}} = \frac{9}{1,1} \cdot 100 = 818 A.$$

- 3) Определяем плотность тока по формуле (4):

$$j = \frac{4 \cdot J_{\text{св.}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2}, A / \text{мм}. \quad (4)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$j = \frac{4 \cdot 818}{3,14 \cdot 4^2} = 65,1 \text{ A/мм.}$$

Для  $d_{\text{э}} = 4 \text{ мм}$  рекомендуемая табличное значение  $j = 35\text{-}60 \text{ A/мм}$ , поэтому скорректируем ток  $I_{\text{св}} = 565 \text{ A}$ .

Для проверки:

$$d_{\text{эл}} = \sqrt{\frac{I_{\text{св}} \cdot 4}{j \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{565 \cdot 4}{45 \cdot \pi}} = 4 \text{ мм.}$$

Следовательно, принимаем скорректированные значения силы и плотности тока:

$$I_{\text{св}} = 565 \text{ A}, \quad j = 45 \text{ A/мм.}$$

4) Величина вылета электрода  $l_{\text{э}} = 30 \text{ мм}$ .

5) Определяем напряжения дуги по формуле(5):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot I_{\text{св}}}{1000 \cdot \sqrt{d_{\text{э}}}} \pm 1, \text{ В.} \quad (5)$$

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 565}{1000 \cdot \sqrt{4}} \pm 1 = 35 \text{ В.}$$

6) Скорость сварки определяется по формуле (6):

$$V_{\text{св}} = \frac{A'}{I_{\text{св}}}, \text{ м/час,} \quad (6)$$

где  $A'$  – табличный коэффициент, зависящий от  $d_{\text{э}}$ , равен  $18 \cdot 10^3$ , тогда

$$V_{\text{св}} = \frac{18 \cdot 10^3}{565} = 32 \text{ м/час} \cdot \frac{100}{3600} = 0,89 \text{ см/сек.}$$

7) Эффективный КПД дуги  $\eta_{\text{д}}$  при сварке под слоем флюса изменяется в пределах от 0,9 - 0,95.

Принимаем по графику в зависимости от  $I_{\text{св}}$   $\eta_{\text{д}} = 0,92$ .

8) Рассчитываем величину погонной энергии сварки по формуле (7):

$$q_{\text{пог}} = \frac{0,24 I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{д}}}{V_{\text{св}}}, \text{ Дж/см.} \quad (7)$$

$$q_{\text{пог}} = \frac{0,24 \cdot 565 \cdot 35 \cdot 0,92}{0,89} = 4906 \text{ кал/см} \cdot 4,19 = 20374 \text{ Дж/см.}$$

9) Определение коэффициента формы провара  $\psi_{\text{пр}}$  осуществляется по формуле (8)

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					34

$$\psi_{\text{ПР}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{СВ}}) \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad (8)$$

где  $K'$  – коэффициент, зависящий от рода тока, плотности и полярности тока, при сварке постоянным током обратной полярности.

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 45^{0,1925} = 0,76, \text{ тогда}$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,76 \cdot (19 - 0,01 \cdot 565) \frac{4 \cdot 35}{565} = 2,5.$$

Оптимальные значения для коэффициента формы провара должны находится в пределах  $0,8 < \psi_{\text{ПР}} < 4$ . При значениях  $\psi_{\text{ПР}} < 0,8$  возрастает склонность швов к горячим трещинам, а при  $\psi_{\text{ПР}} > 4$  не рационально используется тепловая мощность дуги, что приводит к повышенному короблению конструкций.

10) Глубина проплавления для угловых швов по формуле (9)

$$H_{\text{ПР}} = \frac{1,76 \cdot 10^{-4} \cdot q_{\text{ПОГ}}}{K}, \text{ мм}, \quad (9)$$

где  $K$  – катет углового шва, мм.

$$H_{\text{ПР}} = \frac{1,76 \cdot 10^{-4} \cdot 4906}{8} = 10, \text{ мм.}$$

Такая глубина проплавления нас устраивает.

11) Находим ширину шва  $B$  по формуле (10):

$$B = \sqrt{2} \cdot K, \text{ мм}, \quad (10)$$

где  $K = 8$  мм – катет шва.

$$B = \sqrt{2} \cdot 8 = 11,3 \text{ мм.}$$

12) Определяем коэффициент расплавления по формуле (11)

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha_{\text{р}}' + \Delta \alpha_{\text{р}}, \text{ з/А} \cdot \text{ч}, \quad (11)$$

где  $\Delta \alpha_{\text{р}} = 1 \text{ з/А} \cdot \text{ч}, \alpha_{\text{р}}' = 11,6 \pm 0,4, \text{ з/А} \cdot \text{ч}.$

$$\alpha_{\text{р}} = 11,6 + 1 = 12,6, \text{ з/А} \cdot \text{ч}.$$

13) Скорость подачи проволоки зависит от величины сварочного тока, диаметра электрода, и определяется по выражению по формуле (12):

$$V_{\text{ПР}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{СВ}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{э}}}, \text{ см/с}, \quad (12)$$

где  $F_{\text{э}} = \pi d_{\text{э}}^2 / 4, \text{ см}^2$  – площадь электрода.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					35

$$F_{\text{Э}} = 3,14 \cdot 0,4^2 / 4 = 0,1256 \text{ см}^2;$$

$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность наплавленного металла.

$$V_{\text{III}} = \frac{12,6 \cdot 565}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,1256} = 2 \text{ см/с} \cdot \frac{3600}{100} = 72 \text{ м/ч}.$$

14) Определяем площадь наплавки по формуле (13):

$$F_H = \frac{\alpha_P \cdot I_{\text{CB}} (1 - \psi_{\text{потерь}})}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{\text{CB}}}, \text{ см}^2, \quad (13)$$

где  $\psi_{\text{потерь}}$  – потери на разбрызгивание и угар, при сварке под слоем флюса  
 $\psi_{\text{потерь}} = 0$ ;

$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность наплавленного металла.

$$F_H = \frac{12,6 \cdot 565 (1 - 0)}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,89} = 0,28 \text{ см}^2.$$

15) Высота валика при наплавке определяется по формуле (14):

$$C = \frac{F_H}{0,73 \cdot \psi_{\text{ПР}} \cdot H_{\text{ПР}}}, \text{ мм.} \quad (14)$$

$$C = \frac{0,28}{0,73 \cdot 2,5 \cdot 1} = 0,15 \text{ см} = 1,5 \text{ мм.}$$

Коэффициент формы валика по формуле (15):

$$\psi_{\text{вал}} = B / C, \quad (15)$$

должен находиться в следующих оптимальных диапазонах  $7 < \psi_{\text{вал}} < 10$ .

$$\psi_{\text{вал}} = 11,3 / 1,5 = 7,5.$$

16) При выполнении угловых швов нужно стремиться к вогнутой поверхности, так как при этом достигается наименьшая концентрация напряжений в угловых точках. Шов с вогнутой поверхностью получается, если  $I_{\text{CB}} < I_{\text{CB кр}}$ , для этого следует провести проверку режимов сварки по формуле (16):

$$I_{\text{CB кр}} = I_{\text{CB0}} + m \cdot V_{\text{CB}}, A, \quad (16)$$

где  $I_{\text{CB кр}}$  – критический ток,  $A$ , при котором для заданной скорости сварки получается шов с вогнутой поверхностью;

$I_{\text{CB0}}$  – условный критический ток равный  $350A$  при виртуальной («нулевой») скорости сварки;

$m$  – коэффициент,  $A \cdot \text{ч/мм}$ , для электрода диаметром  $4 \text{ мм}$  равный  $7 A \cdot \text{ч/мм}$ .

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ				36



$$I_{CB.kp} = 350 + 7 \cdot 32 = 574 A.$$

$$I_{CB} = 560 A < I_{CB.kp} = 574 A.$$

Следовательно, получаем угловые швы с вогнутой поверхностью.

Общая высота вогнутого шва определяется по формуле (17):

$$H = H_{PP} - C, \text{ мм.} \quad (17)$$

$$H = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ мм.}$$

17) Площадь проплавления металла определяется по формуле (18):

$$F_{PP} = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_{\partial} \cdot \eta_{пол}}{S_{Пл} \cdot \rho \cdot V_{CB}}, \text{ см}^2, \quad (18)$$

где  $S_{Пл} = 325 \text{ кал/г} = 1361,75 \text{ Дж/г}$  – теплосодержание металла;

$\eta_{пол}$  – полный коэффициент полезного действия процесса по формуле (19).

$$\eta_{пол} = \eta \cdot \eta_m, \quad (19)$$

где  $\eta_m = 0,35$  – термический КПД процесса,

$$\eta_{пол} = 0,92 \cdot 0,35 = 0,322;$$

$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность стали.

$$F_{PP} = \frac{0,24 \cdot 565 \cdot 35 \cdot 0,322}{325 \cdot 7,85 \cdot 0,89} = 0,67 \text{ см}^2.$$

18) Коэффициент формы углового шва определяется по формуле (20):

$$\psi_o = \frac{B}{H_{ID}}. \quad (20)$$

$$\psi_o = \frac{11,3}{10} = 1,13.$$

Оптимальные значения коэффициента формы углового шва находятся в диапазоне  $0,8 \leq \psi_{ш} \leq 2$ . Если  $\psi_{ш} < 0,8$  возрастает склонность к появлению горячих трещин, а при  $\psi_{ш} > 2$  имеют место подрезы.

19) При расчете размеров угловых швов в тавровых соединениях нас интересует глубина проплавления стенки тавра  $h$ , рассчитана по формуле (21):

$$h = K \cdot \left( 1 - \frac{2K^2}{2H_{PP}^2 + K^2} \right), \text{ мм.} \quad (21)$$

$$h = 8 \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot 8^2}{2 \cdot 10^2 + 8^2} \right) = 4 \text{ мм.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					37

Полученные режимы представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Режимы автоматической сварки под флюсом для  $d_{\text{э}} = 4 \text{ мм}$

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{СВ}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{СВ}}, \text{м/ч}$	$V_{\text{ПП}}, \text{м/ч}$
4	565	35	32	72

б) Расчет параметров режима автоматической сварки под флюсом угловых швов, при сварке двумя наклонными электродами стенка вертикально в стане РНЖ-15и стенка горизонтально на постоянном токе обратной полярности (сварочная проволока  $\text{Ø}2 \text{ мм}$ ).

Условное обозначение сварного соединения ТЗ (рисунок 2.17), катет шва  $8 \text{ мм}$ .

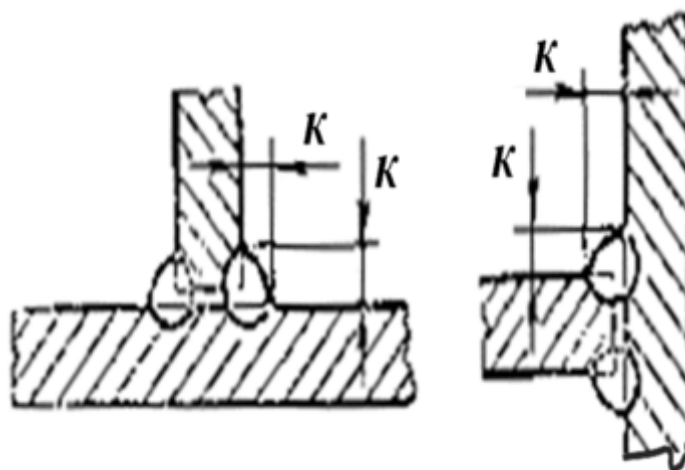


Рисунок 2.17 – Схема сварного соединения ТЗ

- 1) Диаметр электрода  $d_{\text{э}} = 2 \text{ мм}$ .
- 2) Выбираем сварочный ток по формуле (3).

$$I_{\text{СВ}} = \frac{H_{\text{ПР}}}{k_h} \cdot 100, \text{ А.} \quad (3)$$

В нашем случае полный провар стенки не требуется, поэтому зададим глубину проплавления  $H_{\text{ПР}} = 9 \text{ мм}$ .

$k_h$  – табличный коэффициент пропорциональности, зависит от рода и полярности тока,  $d_{\text{эл}}$  и защитной среды. В нашем случае  $k_h = 1,4$ . Тогда

$$I_{\text{СВ}} = \frac{9}{1,4} \cdot 100 = 643 \text{ А.}$$

- 3) Определяем плотность тока по формуле (4):

$$j = \frac{4 \cdot J_{CB}}{\pi \cdot d_{эл}^2}, A/мм. (4)$$

$$j = \frac{4 \cdot 643}{3,14 \cdot 2^2} = 204,8 A/мм.$$

Для  $d_{эл} = 2 мм$  рекомендуемая табличное значение  $j = 65-200 A/мм$ , поэтому скорректируем ток  $I_{CB} = 390 A$ . Для проверки:

$$d_{эл} = \sqrt{\frac{I_{CB} \cdot 4}{j \cdot \pi}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{CB}}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{390}{124,5}} = 2 мм.$$

Следовательно, принимаем скорректированные значения силы и плотности тока:

$$I_{CB} = 390 A, \quad j = 124,5 A/мм.$$

4) Величина вылета электрода  $l_э = 20 мм$ .

5) Определяем напряжения дуги по формуле(5):

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{CB}}{1000 \cdot \sqrt{d_э}} \pm 1, B. (5)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 390}{1000 \cdot \sqrt{2}} \pm 1 = 34 B.$$

6) Скорость сварки определяется по формуле (6):

$$V_{CB} = \frac{A'}{I_{CB}}, м/час, (6)$$

где  $A'$  – табличный коэффициент, зависящий от  $d_э$ , равен  $10 \cdot 10^3$ , тогда

$$V_{CB} = \frac{10 \cdot 10^3}{390} = 25,6 м/час \cdot \frac{100}{3600} = 0,7 см/сек.$$

7) Эффективный КПД дуги  $\eta_u$  при сварке под слоем флюса изменяется в пределах от 0,9 - 0,95.

Принимаем по графику в зависимости от  $I_{CB} \eta_u = 0,91$ .

8) Рассчитываем величину погонной энергии сварки по формуле (7):

$$q_{пог} = \frac{0,24 I_{CB} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{CB}}, Дж/см. (7)$$

$$q_{пог} = \frac{0,24 \cdot 390 \cdot 34 \cdot 0,91}{0,7} = 4137 кал/см \cdot 4,19 = 17334 Дж/см.$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ				

9) Определение коэффициента формы провара  $\psi_{\text{пр}}$  осуществляется по формуле(8):

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{CB}}) \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{CB}}}, \quad (8)$$

где  $K'$  –коэффициент, зависящий от рода тока, плотности и полярности тока, при сварке постоянным током обратной полярности при  $j > 120 \text{ А/мм}^2 K' = 0,92$ , тогда

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 390) \frac{2 \cdot 34}{390} = 2,4.$$

Оптимальные значения для коэффициента формы провара должны находиться в пределах  $0,8 < \psi_{\text{пр}} < 4$ . При значениях  $\psi_{\text{пр}} < 0,8$  возрастает склонность швов к горячим трещинам, а при  $\psi_{\text{пр}} > 4$  нерационально используется тепловая мощность дуги, что приводит к повышенному короблению конструкций.

10) Глубина проплавления для угловых швов по формуле (9):

$$H_{\text{пр}} = \frac{1,76 \cdot 10^{-4} \cdot q_{\text{пог}}}{K}, \text{ мм}, \quad (9)$$

где  $K$ , мм – катет углового шва.

$$H_{\text{пр}} = \frac{1,76 \cdot 10^{-4} \cdot 4137}{8} = 9 \text{ мм}.$$

Такая глубина проплавления нас устраивает.

11) Находим ширину шва  $B$  по формуле (10)

$$B = \sqrt{2} \cdot K, \text{ мм}, \quad (10)$$

где  $K = 8 \text{ мм}$  – катет шва.

$$B = \sqrt{2} \cdot 8 = 11,3 \text{ мм}.$$

12) Определяем коэффициент расплавления по формуле (11)

$$\alpha_p = \alpha_p' + \Delta\alpha_p, \text{ г/А}\cdot\text{ч}, \quad (11)$$

где  $\Delta\alpha_p = 1 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ ,  $\alpha_p' = 11,6 \pm 0,4, \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ .

$$\alpha_p = 11,6 + 1 = 12,6 \text{ г/А}\cdot\text{ч}.$$

13) Скорость подачи проволоки зависит от величины сварочного тока, диаметра электрода, и определяется по формуле (12):

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					40

$$V_{III} = \frac{\alpha_p \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\Omega}}, \text{ см/с}, (12)$$

где  $F_{\Omega} = \pi d_3^2 / 4$ ,  $\text{см}^2$  – площадь электрода,

$$F_{\Omega} = 3,14 \cdot 0,2^2 / 4 = 0,0314, \text{ см}^2;$$

$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность наплавленного металла.

$$V_{III} = \frac{12,6 \cdot 390}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,0314} = 5,5 \text{ см/с} \cdot \frac{3600}{100} = 198 \text{ м/ч}.$$

14) Определяем по формуле (13) площадь наплавки

$$F_H = \frac{\alpha_p \cdot I_{CB} (1 - \psi_{\text{потерь}})}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{CB}}, \text{ см}^2, (13)$$

где  $\psi_{\text{потерь}}$  – потери на разбрызгивание и угар, при сварке под слоем флюса  
 $\psi_{\text{потерь}} = 0$ ;

$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность наплавленного металла.

$$F_H = \frac{12,6 \cdot 390 (1 - 0)}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,7} = 0,25 \text{ см}^2.$$

15) Высота валика при наплавке определяется по формуле (14):

$$C = \frac{F_H}{0,73 \cdot \psi_{\text{пр}} \cdot H_{\text{пр}}}, \text{ мм}. (14)$$

$$C = \frac{0,25}{0,73 \cdot 2,4 \cdot 0,9} = 0,15 \text{ см} = 1,5 \text{ мм}.$$

Коэффициент формы валика:

$$\psi_{\text{вал}} = B / C,$$

должен находиться в следующих оптимальных диапазонах  $7 < \psi_{\text{вал}} < 10$ .

$$\psi_{\text{вал}} = 11,3 / 1,5 = 7,5.$$

16) При выполнении угловых швов нужно стремиться к вогнутой поверхности, так как при этом достигается наименьшая концентрация напряжений в угловых точках. Шов с вогнутой поверхностью получается, если  $I_{CB} < I_{CB \text{ кр}}$ , для этого следует провести проверку режимов сварки по формуле (16):

$$I_{CB \text{ кр}} = I_{CB0} + m \cdot V_{CB}, \text{ А}, (16)$$

где  $I_{CB \text{ кр}}$  – критический ток, А, при котором для заданной скорости сварки получается шов с вогнутой поверхностью;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					41

$I_{CB0}$  – условный критический ток равный 350А при виртуальной («нулевой») скорости сварки;

$m$  – коэффициент, А·ч/мм, для электрода диаметром 2 мм равный 2 А·ч/мм.

$$I_{CB.kp} = 350 + 2 \cdot 25,6 = 401,2 \text{ А.}$$

$$I_{CB} = 400 \text{ А} < I_{CB.kp} = 401,2 \text{ А.}$$

Следовательно, получаем угловые швы с вогнутой поверхностью.

Общая высота вогнутого шва определяется по формуле (17):

$$H = H_{ПП} - C. (17)$$

$$H = 9 - 1,5 = 7,5 \text{ мм.}$$

17) Площадь проплавления металла определяется по формуле (18):

$$F_{ПП} = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_d \cdot \eta_{пол}}{S_{пл} \cdot \rho \cdot V_{CB}}, \text{ см}^2, (18)$$

где  $S_{пл} = 325 \text{ кал/г} = 1361,75 \text{ Дж/г}$  – теплосодержание металла;

$\eta_{пол}$  – полный коэффициент полезного действия процесса по формуле (19),

$$\eta_{пол} = \eta \cdot \eta_m, (19)$$

где  $\eta_m = 0,35$  – термический КПД процесса,

$$\eta_{пол} = 0,91 \cdot 0,35 = 0,3185;$$

$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность стали;

$$F_{ПП} = \frac{0,24 \cdot 390 \cdot 34 \cdot 0,3185}{325 \cdot 7,85 \cdot 0,7} = 0,57 \text{ см}^2.$$

18) Коэффициент формы углового шва определяется по формуле (20):

$$\psi_{ш} = \frac{B}{H_{ПП}}. (20)$$

$$\psi_{ш} = \frac{11,3}{9} = 1,25.$$

Оптимальные значения коэффициента формы углового шва находятся в диапазоне  $0,8 \leq \psi_{ш} \leq 2$ . Если  $\psi_{ш} < 0,8$  возрастает склонность к появлению горячих трещин, а при  $\psi_{ш} > 2$  имеют место подрезы.

19) При расчете размеров угловых швов в тавровых соединениях нас интересует глубина проплавления стенки тавра  $h$  по формуле (21).

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



Продолжение таблицы

<p>Внешний вид стана</p>		
<p>Отличия</p>	<p>1.Имеет механическую регулировку узла правки полок. Для регулировки необходимо использовать специальные бородовые ключи, для ослабление фиксирующих гаек, затем производить перемещение правильных роликов по высоте с определенным шагом (шаг определяется зубчатым зацеплением);</p>	<p>1.Имеет гидравлическую регулировку узла правки полок, с выносом управления на пульт оператора. Гидравликой обеспечивается плавность хода и более точное позиционирование правильных роликов;</p>
<p>2.Позиционирование механизмов сборки производится механически с помощью штурвалов(8шт), винтовым механизмом с чашечными шайбами. При этом каждый прижимной ролик настраивается отдельно;</p>	<p>2.Позиционирование механизмов сборки производится автоматически при помощи гидравлических цилиндров, с удобной регулировкой давления, с системой предохранительных и перепускных клапанов. В автоматическом режиме гидравлическая система стремиться зажимать собираемую деталь со строго заданным давлением. Стан оборудован системой инкодеров с выводом показаний на пульт, которые позволяют точно выставить необходимую ширину полки двутавровой балки и толщину стенки;</p>	
<p>3.Сварочные горелки находятся непосредственно позади механизмов сборки;</p>	<p>3.Сварочные горелки находятся между механизмами сборки, что обеспечивает более точную сборку, отпадает</p>	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

44



## Окончание таблицы

		необходимость в входных и выводных пластинах;
	4.Площадка операторов отсутствует – во время работы второму оператору приходится сидеть «верхом» на главном мотор-редукторе в непосредственной близости с вражающимися деталями;	4.Удобно расположены места операторов по обе стороны станка, с удобным доступом к механизмам регулировки вылета и угла наклона сварочной горелки;
	5.Имеет 4 пульта управления и для работы в автоматическом режиме создается определенная трудность в управлении процессом.	5.Пульты управления находятся в одном месте, отличаются удобством и простой управления.
Сходства	Имеют одинаковые габариты, механизмы автоматической сварки, системы рециркуляции флюса, логические контроллеры и инвертора.	

Учитывая все очевидные преимущества, остановим свой выбор на модели РНЖ-15.

Выявленные недостатки и предложение перехода на новую технологию изготовления сварных ригелей и тавров на универсальном цепном кантователе рисунок 2.18 и на универсальном стане РНЖ-15, выполняющем три технологические операции: сборка, сварка и правка грибовидности. При этом расширяется номенклатура размеров, изготавливаемых на участке сварных ригелей, а также появляется возможность изготовления на участке сварных тавров. Также предложена замена сварочного оборудования, что позволит изменить параметры сварки – увеличить скорость сварки, повысить качество. Вращение грузов кранами – сложная, ответственная операция, выполнение которой поручается наиболее опытным стропальщикам и основана на принудительном смещении центра тяжести груза. Когда центр тяжести выходит за пределы опорной поверхности, груз переворачивается и падает на другую плоскость. В момент опрокидывания груза стропы ослабевают, а затем снова натягиваются, причем в наклонном положении. Это приводит к рывкам, которые невозможно устранить полностью, т. к. скорость падения груза всегда превышает скорость механизмов крана.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					45



Рисунок 2.18 – Цепной кантователь

Кантователи помогают легко и бережно поворачивать без повреждений: крупногабаритные, громоздкие или хрупкие грузы, оборудование с дорогостоящим покрытием и не требуют привлечения большого количества техники и рабочих при проведении работ. Могут быть снабжены ременными либо цепными стропами, которые облегают груз как минимум с трех сторон, что обеспечивает надежное закрепление груза при проведении погрузочно-разгрузочных работ. Конструкция состоит из двух независимых рам с приводами, а также ремней или цепей. Ременный кантователь больше подходит для кантования мало жестких конструкций с окрашенными поверхностями. Цепные предназначены для тяжелых условий эксплуатации.

Операция дробеметной очистки листов и профильного металлопроката проводится на дробеметной установке проходного типа марки НР-8016. Общий вид дробеметной установки НР-8016 показан на рисунке 2.19.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



Рисунок 2.19 – Общий вид дробебетной установки НР-8016

Технические характеристики дробебетной установки НР-8016 приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики дробебетной установки НР-8016

Характеристика	Значение
Максимальная ширина листов, мм	1600
Рабочая длина листов, мм	3000...25000
Расход дробы, т/ч	96
Объем бункера для дробы, м <sup>3</sup>	4000
Скорость подачи обрабатываемых изделий, м/мин	0,4...4
Габаритные размеры установки, мм	45000×4105×6030

Для раскроя листов используется портальная машина термической резки марки «Параллель». Общий вид портальной машины термической резки марки «Параллель» показан на рисунке 2.20.



Рисунок 2.20 – Общий вид портальной машины термической резки марки «Параллель»

Технические характеристики машины «Параллель» приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики машины «Параллель»

Характеристика	Значение
Размер обрабатываемых листов, м	От 1,5×3 до 3,6×12
Толщина разрезаемого листа, мм:	
– плазменная технология	1...70
– газовая технология	1...150
Скорость резания, мм/мин	50...6000
Скорость перемещения машины, мм/мин	20000
Количество резаков, шт	1...8
Точность воспроизведения заданного контура по ГОСТ 5614-74, мм	±0,35
Питание	220 В/50 Гц
Потребляемая мощность, не более, Вт	400

Сверление отверстий производится на вертикально-сверлильном станке

2Н135. Технические характеристики станка 2Н135 приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Технические характеристики машины «Параллель»

Характеристика	Значение
Вертикальный вылет станины, мм	300
Размеры рабочего стола, мм	500×450
Точность устройства ручного управления для коробок подачи, мм	±0,05
Мощность приводного двигателя, кВт	4
Габаритные размеры, мм	2535×835×1030
Масса, кг	1200

Изготовление фасок производится ручной газорезательной машиной марки MesserQuickyE. Общий вид машины MesserQuickyE показан на рисунке 2.21.

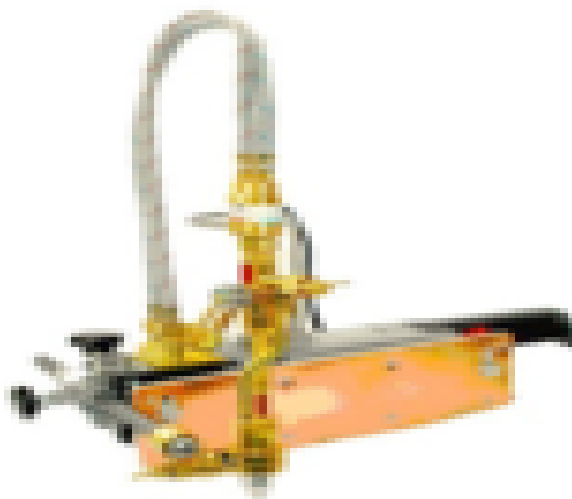


Рисунок 2.21 – Общий вид машины MesserQuickyE

Технические характеристики машины MesserQuickyE приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Технические характеристики машины MesserQuickyE

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Характеристика	Значение
Диапазон резки, мм	3...100
Мощность электродвигателя, Вт	40
Напряжение, В	220
Скорость резки, мм/мин	100...1000
Изменение положения горелки	По высоте и в боковом направлении.
Горючий газ	Ацетилен, пропан, метан
Вес, кг	11

Автоматическая сварка под слоем флюса производится сварочным трактором АДФ-1002, показанном на рисунке 2.22.



Рисунок 2.22 – Трактор АДФ-1002

Технические характеристики трактора АДФ-1002 приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Технические характеристики трактора АДФ-1002

Характеристика	Значение
Номинальный сварочный ток, А	1000
Номинальное напряжение питающей трехфазной сети, В	380
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальный режим работы ПВ, %, не менее	100

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.177.00 ПЗ

Лист

50

Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	2...5
Диапазон регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	60...362
Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч	12...120
Предельный угол наклона сварочной головки к плоскости перпендикулярной шву, град	45
Емкость бункера для флюса, дм <sup>3</sup>	6
Габаритные размеры, мм	716×346×526
Габаритные размеры блока управления, мм	460×375×322
Масса автомата без электродной проволоки, флюса и источника питания, кг	45
Масса блока управления, кг	30

Источником питания при автоматической сварке под слоем флюса является инверторный выпрямитель PowerWave 1000 AC/DC производства фирмы LincolnElectric. Общий вид выпрямителя PowerWave 1000 AC/DC показан на рисунке 2.23.



Рисунок 2.23 – Общий вид выпрямителя PowerWave 1000 AC/DC

Технические характеристики выпрямителя PowerWave 1000 AC/DC приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики выпрямителя PowerWave 1000

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

АС/DC

Характеристика	Значение
Питание сети, В/Гц/Фаза	380/50/3
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ 100%)	1000
Пределы регулирования сварочного тока, А	100...1000
Пределы регулирования напряжения, В	24...44
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА, не более	75
Масса, кг	295
Габаритные размеры, мм, не более	1105×488×838

Для механизированной сварки в среде защитных газов применяется источник питания Taurus 551, производства фирмы EWM. Общий вид источника питания Taurus 551 представлен на рисунке 2.24.

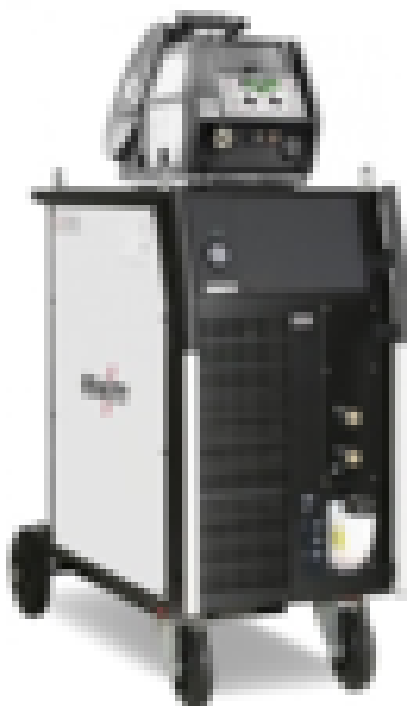


Рисунок 2.24 – Общий вид источника питания Taurus 551

Технические характеристики источника питания Taurus 551 приведены в таблице 20.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52



Таблица 20 – Технические характеристики источника питания Taurus 551

Характеристика	Значение
Сетевое напряжение, В	3×400
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5...550
Частота тока в сети, Гц	50/60
Максимальная потребляемая мощность, кВА	29,2
Рекомендуемая мощность генератора, кВА	39,4
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5...24
Габариты аппарата	1100×455×1000
Габариты механизма подачи	690×300×410
Вес, кг	125

### 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Контроль качества производится следующими этапами:

1) Входной контроль по ГОСТ 24297.

Устанавливается соответствие качества поступающих основных сварочных материалов, полуфабрикатов, комплектующих договорам на поставку.

При поставке материалов сверить маркировку с приложенным сертификатом:

- номер НД (ГОСТ, ТУ, ТС), по которым изготовлена листовая сталь;
- марка стали, номера плавов и партий;
- химический состав и эквивалент по углероду;
- результат механических испытаний;
- результат неразрушающего контроля;
- номинальные размеры листов, их количество и масса (фактическая или теоретическая).

Дополнительно основной металл проверяется на наличие:

- наличие и отсутствие трещин;
- расслоений;
- геометрических отклонений;

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

- выборочно проверяют на химический состав.

Сварочная проволока проверяется на наличие:

- ржавчины;

- механических повреждений;

- выборочно проводят испытания (производят наплавку, вырезают образец и испытывают его).

Защитные газы и флюс:

- углекислый газ проверить на соответствие ГОСТ 8050 – 76;

- аргон поставляется по ГОСТ 10157;

- для предотвращения образования пор в швах перед началом сварки рекомендуется баллоны с CO<sub>2</sub> переворачивать вниз горловиной, и после отстаивания в течение 15 – 20 минут, выпускать воду;

- флюс должен быть подготовлен в соответствии с необходимыми инструкциями на хранение, подготовку и выдачу сварочных материалов.

- проверить наличие свидетельств об аттестации НАКС.

2) Текущий контроль – состоит в контроле технологии:

- контроль заготовок;

- контроль сборочно-сварочных приспособлений;

- контроль собранных узлов;

- контроль сварочной аппаратуры;

- контроль технологических параметров (режим сварки, резки, точность обработки и др.);

- в собранных узлах контролируют смещения кромок, геометрические размеры швов;

- текущий контроль режимов сварки и резки;

- контроль размеров в сборочно-сварочных приспособлениях.

3) Заключительный контроль.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Он включает в себя визуально-измерительный и неразрушающий контроль. При контроле проводят проверку внешнего вида изделия, проверку дефектов в сварных швах методом визуально-измерительного контроля (ВИК). Данным видом контроля выявляются: несоответствия геометрических размеров швов проектным, наплавы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, наружные трещины, свищи, поры, коробление изделия или отдельных его элементов.

Для проведения контроля допускаются специалисты, имеющие необходимое общее образование, теоретическую подготовку по данным методам контроля и прошедшие аттестацию на право выполнения данных работ.

Выполняется 100% наружный осмотр сварных швов. Швы по внешнему виду должны удовлетворять требованиям СП 53-101 и ГОСТ 23118.

При внешнем осмотре швы сварных соединений должны отвечать следующим требованиям:

а) Сварные швы должны быть герметичными, иметь мелкочешуйчатую поверхность без наплывов, прожогов, незаваренных кратеров, подрезов.

б) Не допускаются следующие наружные дефекты швов:

- на 0,2 м длины шва более 4 пор диаметром до 1 мм при расстоянии между ними не менее 10 мм и диаметром до 2 мм при расстоянии между ними не менее 25 мм;

- подрезы зоны сплавления на глубину более 0,5 мм на длине 20 % длины шва при общей длине более 40 %;

- трещины всех видов и направлений.

В качестве измерительных приборов применяют: лупы, линейки измерительные металлические, шаблоны универсальные сварочные (УШС), специальные шаблоны.

Для контроля качества швов с полным проваром используется неразрушающий контроль методом УЗК с использованием дефектоскопа УД2-70.

Выявляемые при ультразвуковом контроле (УЗК) внутренние дефекты, которые не допускаются в сварных соединениях:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ				55

а) не протяженные дефекты, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП или суммарная условная протяженность которых в шве превышает  $1/6$  длины шва;

б) цепочки и скопления, для которых амплитуда эхо-сигнала от любого дефекта, входящего в цепочку (скопление), превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя СОП или условная суммарная протяженность дефектов, входящих в цепочку (скопление) превышает 30 мм на любые 300 мм шва;

в) протяженные дефекты в сечении шва, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя СОП или условная протяженность которых превышает 50 мм на любые 300 мм шва;

г) протяженные дефекты в корне шва, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП или условная протяженность которых превышает  $1/6$  длины шва.

К непротяженным дефектам относятся дефекты, условная протяженность которых не превышает 15 мм.

К протяженным дефектам относятся дефекты, условная протяженность которых превышает 15 мм.

Цепочкой и скоплением считаются три и более дефекта, если при перемещении искателя соответственно вдоль или поперек шва огибающие последовательности эхо-сигналов от этих дефектов при поисковом уровне чувствительности пересекаются (не разделяются). При разделении эхо-сигналов дефекты считаются одиночными.

Выявленные дефекты и участки при контроле должны быть исправлены и проверены вновь.

#### 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

##### 4. 1 Анализ вредных и опасных факторов технологического процесса

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

На проектируемом участке производится операция по наплавке под слоем флюса различных элементов деталей оборудования металлургического производства.

Выполнение наплавочных работ на металлургических предприятиях выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.003-86, ГОСТ 12.3.004-75, ГОСТ 12.3.009-76. при неправильной организации производства и труда приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, которые при неблагоприятном стечении обстоятельств могут вызвать несчастные случаи, отравления и профессиональные заболевания.

Опасный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Вредный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Группа физических опасных и вредных производственных факторов подразделяется на подгруппы по следующим признакам:

-Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы

-Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

-Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

-Повышенная температура воздуха рабочей зоны

-Повышенный уровень электромагнитных излучений

-Повышенный уровень инфракрасной радиации

Группа химических опасных и вредных производственных факторов (сварочные аэрозоли) подразделяется на подгруппы по следующим признакам:

-по характеру воздействия (общетоксические, раздражающие, sensibilizing, канцерогенные, мутагенные и т.д.)

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

-по способу проникания в организм (через дыхательные пути, пищеварительную систему и кожный покров)

Среди психофизических опасных и вредных производственных факторов можно выделить:

- нервнопсихические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и эмоциональные перегрузки)

Вывод: Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, образующихся при дуговой наплавке стальной проволокой, должно соответствовать требованиям ГН 2.2.5.1313-03. Если система вентиляции не обеспечивает требуемого качества воздушной среды в рабочей зоне наплавки, необходимо применять средства индивидуальной защиты органов дыхания согласно требованиям ГОСТ 12.4.034-2001.

Перечень вредных веществ, выделяющихся в воздух рабочей зоны при применении наплавочных проволок, их предельно допустимые концентрации (ПДК), класс опасности и особенности воздействия на организм (согласно ГН 2.2.5.1313-03) приведены в таблице 21.

Таблица 21– Характеристика вредных веществ, поступивших в воздух рабочей зоны.

Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Особенности воздействия на организм
Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании:			
до 20%	0,2	2	
от 20% до 30%	0,1	2	
Оксид хрома (по Cr <sup>3+</sup> )	1	3	А
Хроматы, бихроматы (в пересчёте на CrO <sub>3</sub> )	0,01 0,05	1 1	К.А К.А
Никель, оксиды никеля			
Диоксид кремния аморфный с оксидами в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10%	1	1	Ф

## Окончание таблицы

Примечание – А – вещества, способные вызывать аллергическое воздействие в производственных условиях. К – канцерогены. Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Для защиты рабочих от излучения сварочной дуги в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра должны применяться щитки сварщика по ГОСТ 12.4.238-2013. Средства защиты работающих от теплового (инфракрасного) излучения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО 11611-2011.

Спецодежда для наплавщиков должна надежно защищать их от брызг расплавленного металла, влаги, вредных излучений и других факторов производственной среды.

Наплавочные работы должны выполняться с соблюдением требований электро- и пожарной безопасности, предусмотренных ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.019-2009.

Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений вредными веществами, образующимися при выполнении наплавочных работ, должны быть предусмотрены мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02-2014

Оценка состояния воздушной среды рабочей зоны при наплавке стальными проволоками должна проводиться на предприятиях – потребителях проволоки в соответствии с ГН 2.2.5.1313-03.

Санитарный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится периодически согласно графику контроля воздушной среды в цехах предприятий, согласованному с органами санитарного надзора.

## 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

### 4.2.1 Обеспечение санитарно – гигиенических условий труда

Микроклимат. Расчет вентиляции.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой, и поддержание оптимального и допустимого состояния организма.

Для предотвращения неблагоприятных воздействий микроклимата рабочего места производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние и здоровье человека устанавливаются санитарно-гигиенические требования к параметрам микроклимата в соответствии с

ГН 2.2.5.1313-03.

При выполнении сварочных работ внутри помещения системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечить определенную температуру, скорость движения воздуха и его чистоту.

Воздух в рабочей зоне не должен содержать пыли, вредных веществ, паров в количестве, превышающем предельно допустимые концентрации (ПДК). Присварке под флюсом в качестве наплавочного материала используется флюс марок ОК Flux, а также сварочная проволока SM-70 и Св-08ГА, вследствие чего образуются оксиды Fe, Si, Cr, С и вредная аэрозоль – борный ангидрид. Его ПДК равен 5 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности – 3 (умеренно опасный) .

Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений вредными веществами, образующимися при выполнении сварочных работ, должны быть предусмотрены мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02-2014: Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.

Оценка состояния воздушной среды рабочей зоны при наплавке стальными проволоками должна проводиться на предприятиях — потребителях проволоки в соответствии с ГН-2.2.5.1313-03: «Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны». При этом методы отбора и анализа проб воздуха, периодичность контроля должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.016-79: «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ».

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60



Санитарный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится периодически согласно графику контроля воздушной среды в цехах предприятий, согласованному с органами санитарного надзора.

Участок сварки снабжен местными и общеобменными механическими вентиляционными установками. Наиболее эффективным средством вентиляции являются местные отсосы, обладающие по сравнению с общеобменной вентиляцией рядом преимуществ (локализуют вредные вещества непосредственно в зоне их образования и предотвращают распространение их по всему объему производственного помещения; удаляют вредные выбросы с использованием минимальных объемов воздуха).

На данном участке используются местные отсосы, закрепленные на головках сварочных установок. При автоматической сварке под слоем флюса будет использоваться отсос выполненный в виде цилиндрического патрубка с круглым всасывающим отверстием диаметром  $d_0=0,1$  м.

Определим скорость воздуха во всасывающем отверстии по формуле (22)

$$V_0 = 16 \cdot V_x (x/d_0)^2 = 16 \cdot 0,3 (0,15/0,1)^2 = 10,8 \text{ м/с} \quad (22)$$

где  $V_x$  – необходимая скорость воздуха в зоне сварки, м/с;

$x$  – расстояние вытяжного отверстия от зоны сварки, м;

$d_0$  – диаметр всасывающего отверстия, м.

Находим необходимый расход воздуха по формуле (23)

$$L_0 = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0 = 3600 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,01}{4} \cdot 10,8 = 305,2 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (23)$$

где  $F_0$  – площадь всасывающего отверстия отсоса, м<sup>2</sup>.

Производительность местного отсоса должна быть не менее 305,2 м<sup>3</sup>/ч воздуха, а скорость всасывания не более 10,8 м/с.

При сварке под слоем флюса вредные компоненты выделяются с некоторым запаздыванием, что объясняется постепенной фильтрацией вредных веществ через слой нерасплавленного флюса. Практически выделение вредных веществ имеет место, пока температура остывающего металла выше 300С°. Кроме

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					61

выделения аэрозоля и газов непосредственно от наплавленного металла, процесс сварки под флюсом сопровождается поступлением в атмосферу цеха флюсовой пыли (аэрозоля дезинтеграции), образующейся путем истирания частиц флюса при транспортировках и пересыпках.

#### *4.2.2 Обеспечение пожарной безопасности*

По классификации производств по пожарной безопасности, приведенной в НПБ 105–03, проектируемый участок по наплавке относится к категории «Г» – пожароопасного производства, в котором обращаются негорючие вещества и материалы в горячем состоянии, горение которых сопровождается выделением искр и пламени. Эта категория цехов и участков по переработке негорючих материалов в нагретом состоянии. Класс пожара «D», «E», поэтому на проектируемом цеховом участке предусматривается (в соответствии с Постановлением №390 от 25.04.2012 «ППР», приложения № 1,5,6)

а) 2 пожарных щита с маркировкой ЩП-Е, в комплект каждого входят 1 порошковый огнетушитель ОП–9, 2 углекислотных огнетушителя ОУ–3, крюк с деревянной рукояткой, комплект для резки электропроводов (ножницы, диэлектрические боты и коврик), покрывало для изоляции очага возгорания, лопата совковая, ящик с песком 0,5 куб. метра,

б) стены и здания, перекрытия и полы изготавливаются из негоряемого материала;

в) на участке установлено 2 пожарных крана;

г) эвакуация людей на случай пожара производится согласно плану эвакуации.

По окончанию наплавочных работ, работник не должен покидать рабочее место, не убедившись в отсутствии очага возгорания. Весь персонал должен быть обучен правилам ликвидации первичных очагов возгорания и правильному применению первичных средств пожаротушения.

#### *4.2.3 Обеспечение электрической безопасности*

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Воздействие электрического тока на человека может привести к местным ожогам, травмам.

Параметры микроклимата в производственном помещении влияют на сопротивление человека, а, следовательно, на исход поражения электрическим током.

Увеличение температуры, влажности, снижение подвижности воздуха приводят к росту опасности поражения, так как влаговыделения обуславливают снижение сопротивления кожных покровов.

Основные мероприятия по защите от электротравматизма:

1) Провода и кабели для питания электрооборудования машин и установок должны иметь надежную изоляцию и защиту от механических повреждений.

2) При электросварочных работах должны применяться оборудование, аппараты и приспособления, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов и нормативов на соответствующее сварочное оборудование. Напряжение холостого хода источников сварочного тока не должно превышать максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование.

3) В электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными устройствами.

4) Электросварочная установка (преобразователь, сварочный трансформатор и т.п.) должна присоединяться к источнику питания через рубильник и предохранители или автоматический выключатель, а при напряжении холостого хода более 70 В должно применяться автоматическое отключение сварочного трансформатора.

5) Корпус любой электросварочной установки необходимо заземлять. Машины, в которых осуществление защитного заземления представляет трудности, должны быть оснащены устройствами защитного отключения, обеспечивающего отключение всех фаз сети при появлении в сварочной цепи напряжения сети. Для присоединения заземляющего провода на

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.177.00 ПЗ					63

электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт, расположенный в доступном месте, с надписью "Земля" (при условном обозначении "Земля"). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких аппаратов запрещается.

6) Запрещается производить ремонт электросварочных установок под напряжением.

7) Передвижные электросварочные установки на время их передвижения необходимо отключить от сети.

8) Присоединение и отсоединение от сети электросварочных установок, а также наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации должен выполнять электротехнический персонал данного предприятия, имеющий квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

9) В связи с вероятностью воздействия электрического тока весь персонал, обслуживающий электросварочные установки, должен проходить обучение и аттестацию на соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

10) Электросварщикам, прошедшим специальное обучение, может присваиваться в установленном порядке квалификационная группа по электробезопасности III и выше с правом присоединения и отсоединения электросварочных установок.

11) На установках кнопки аварийного отключения располагаются друг от друга на расстоянии 5 м, но не более 10 м. Пульты управления оснащены блокировками, исключающими возможность параллельного управления от различных пультов.

12) ГОСТ 12.3.003-86: Расстояние между оборудованием, от оборудования до стен и колонн помещения, а так же ширина проходов и проездов, должны соответствовать действующим строительным нормам технологического проектирования заготовительных цехов и ГОСТ 12.3.002-75.

#### 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



а) наличие и надежность крепления защитного заземления к корпусу кнопочной станции;

б) свободу перемещения кнопок управления в гнездах;

в) состояние троса и правильность его намотки на барабан;

г) состояние крюка (износ в зеве от грузозахватного приспособления не должен превышать 10%, отсутствие трещин, разогнутость, наличие шплинтовки и свободное проворачивание крюка в крюковой подвеске).

После указанных проверок включить рубильник;

д) работу тормоза контрольным грузом или грузом, близким к грузоподъемности механизма, подъемом данной машиной, на высоту 200...300 мм с последующей выдержкой в таком положении в течение 10 мин;

е) работу ограничителя высоты подъема крюка.

Проверить исправность и достаточность освещения места работы. При обнаружении какой-либо неисправности грузоподъемной машины или грузозахватного приспособления, а также по истечении срока очередного испытания ее немедленно сообщить мастеру и без его указаний к работе не приступать. Устранять самому какие-либо неисправности механизмов и электрооборудования запрещается.

Во время работы пользоваться только теми грузоподъемными машинами, на которых разрешено работать после получения соответствующего инструктажа.

Быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры и не отвлекать других.

Обвязку и зацепку грузов производить только в соответствии с графическим изображением способов строповки грузов, которые должны быть вывешены на видных местах производства работ.

Для обвязки поднимаемого груза применять стропы, соответствующие массе поднимаемого груза, с учетом числа ветвей каната или цепи и угла их наклона.

Канаты и цепи подбирать такой длины, чтобы угол между их ветвями не превышал 90°. Не поднимать груз, масса которого превышает грузоподъемность

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

машины, указанную в паспорте. В сомнительных случаях надо узнать у мастера массу данного груза.

Не допускать подъема крюка грузоподъемной машины до ограничителя высоты подъема. Ограничитель высоты подъема крюка предназначен для аварийных целей. При обвязке груза с острыми ребрами (углами) применять прокладки для предохранения строп от повреждения. Обвязывать надо так, чтобы исключалась возможность выпадения отдельных частей груза и обеспечивалось его устойчивое положение при перемещении.

Мелкоштучные грузы перемещать в специально предназначенной таре при загрузке ее не выше бортов. Тара должна быть исправной и иметь маркировку (номер, грузоподъемность, собственная масса и назначение).

При подъеме или опускании груза, установленного вблизи колонны, стены, штабеля, железнодорожного вагона, станка и другого оборудования, следить за тем, чтобы между грузом и указанными частями здания и оборудования не было людей и не находиться там самим.

Не поднимать груз, засыпанный землей или примерзший к земле, заложенный или залитый бетоном.

Механизмы подъема груза грузоподъемных машин, транспортирующие ядовитые вещества, сосуды под давлением воздуха или газа, должны иметь два тормоза. При подъеме груза, близкого по массе к разрешенной грузоподъемности, следует его предварительно поднять на высоту 200...300 мм и проверить надежность действия тормоза. Во всех случаях перед подъемом груза надо убедиться, что груз надежно закреплен и не может выпасть или рассыпаться во время транспортировки.

При обнаружении неисправностей и ненадежной обвязке или зацепке груза опустить его и произвести строповку вновь. Помнить, что удерживать стропы, соскальзывающие с груза при его подъеме или транспортировке, а также поправлять их ударами молотка или лома запрещается.

При перемещении груза в горизонтальном направлении он должен быть поднят не менее чем на 0,5 м выше лежащих на пути предметов. Груз следует

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

поднимать и перемещать плавно, без рывков и раскачивания. Не переключать движение механизма грузоподъемной машины с прямого хода на обратный до полной его остановки.

Не перемещать груз над людьми. Во время перемещения груза в горизонтальном направлении находиться от него на безопасном расстоянии; не проходить в стесненных местах и по загроможденным проходам.

При перекосе не выравнивать поднимаемый или перемещаемый груз массой своего тела.

Для разворота, а также для предотвращения самопроизвольного разворота длинномерных и громоздких грузов во время их подъема или перемещения применять специальные оттяжки (канаты, крючья) необходимой длины.

Не подтаскивать груз по земле, полу или по рельсам при косом натяжении грузового каната грузоподъемной машины. Для этой цели пробовать установки специальных блоков, обеспечивающих вертикальное положение грузового каната. На месте укладки груза предварительно уложить подкладки, чтобы стропы можно было легко и без повреждений извлечь из-под груза. Помнить, что освобождать грузоподъемной машиной заземленные стропы запрещается.

Перед опусканием груза осмотреть место, на которое груз должен быть опущен, и убедиться в невозможности падения, опрокидывания или сползания устанавливаемого груза.

При перерывах в работе и по окончании ее не оставлять груз в подвешенном состоянии.

По окончании работ

Поднять крюк грузоподъемной машины и выключить рубильник.

Убрать съемные грузозахватные приспособления в отведенное для их хранения место. О всех неполадках, замеченных во время работы, сообщить мастеру и сменщику.

#### 4.4 Планировка оборудования и рабочих мест цеха (участка)

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68



## Организация рабочих мест.

В соответствии с ГОСТ 12.3.003-86, планировка участка и организация технологических процессов сварки должна соответствовать требованиям правил устройства электроустановок (ПУЭ) и предусматривать максимально возможную механизацию, автоматизацию, дистанционное управление процессами сварки или его отдельными элементами, а также должны быть приняты меры по локализации опасных и вредных производственных факторов. В нормативно-технической документации на конкретные виды сварки требования безопасности должны быть установлены в соответствии с настоящим стандартом и отражены в технологической документации. Производственные помещения для проведения электросварочных работ должны отвечать требованиям действующих строительных норм и правил, санитарных норм проектирования промышленных предприятий, утвержденных правил устройства электроустановок.

Стены и оборудование цехов (участков) электросварки необходимо окрашивать в серый, желтый или голубой с диффузным (рассеянным) отражением света. Расстояние между оборудованием, от оборудования до стен и колонн помещения, а также ширина проходов и проездов, должны соответствовать действующим строительным нормам технологического проектирования заготовительных цехов и ГОСТ 12.3.002-75: «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности». Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

При выполнении сварочных работ в одном помещении с другими работами должны быть приняты меры, исключающие возможность воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Данный проект предполагает изменение технологического плана участка автосварки. В проекте предлагается переустановить на новые места три стеллажа для сварки в лодочку, установить новый стан РНЖ-15, установить новый цепной кантователь. Для осуществления проекта требуется покупка стана РНЖ-15 в комплекте с двумя источниками питания Idealarc DC-1000 со сварочными головками НА-3N.

Технологический план участка представлен на рисунке 4.1.

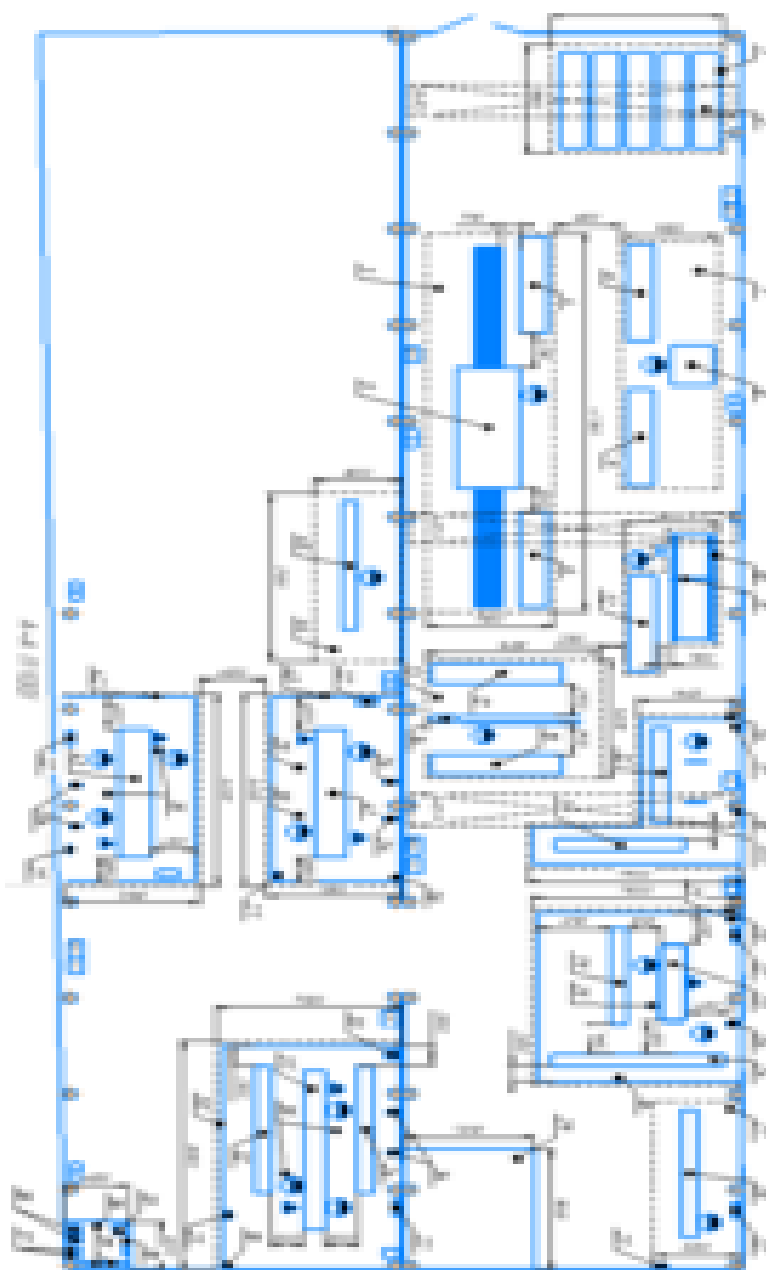


Рисунок 4.1 – Технологический план участка

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте проведен анализ базового технологического процесса изготовления ригелей на участке сварки ЧЗМК, выявлены его недостатки и предложен переход на новую технологию изготовления балок и тавров на универсальном стане РНЖ-15, выполняющем три технологические операции: сборка, сварка и правка грибовидности. Также предложена замена сварочного оборудования, что позволит изменить параметры сварки – увеличить скорость сварки, повысить качество, увеличить максимальный катет поясных швов с 6-7 мм до 8-10 мм.

Внедрение проекта позволит сократить трудоемкость изготовления сварных ригелей, повысить производительность труда снизить годовую себестоимость выпуска. Появляется возможность увеличения объемов выпуска. Расширяется номенклатура размеров, изготавливаемых на участке сварных балок, а также появляется возможность изготовления на участке сварных тавров.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
2. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
3. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
4. Куркин, С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учебник для студентов вузов/ С. А. Куркин, Г. А. Николаев – М.: Высш. шк., 1991. – 398 с., ил.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под. ред. Б. Е. Патона. – М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с., ил.
6. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

					15.03.01.2019.177.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72