

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт. Заочный
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
доцент, к.т.н

М.А.

Иванов

_____2020 г.

Совершенствование технологии сборки и сварки гуська-удлинителя для
экскаватора Hitachi 330ZX

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ГВ ВКР

П. А Данилкин
2020 г.

студент группы ПЗ-
540

В.А. Цыпкайкин
2020 г.

Нормоконтролёр
ст. преподаватель

Ю.В. Безганс

2020 г.

Челябинск 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	10
1.1 Анализ конструкции изделия.....	10
1.2 Материалы Гуська и их свариваемость	20
1.3 Условия эксплуатации Гуська	21
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	22
2.1 Базовый вариант технологии изготовления	22
2.2 Сравнение способов сварки	45
2.3 Выбор способа сварки	47
2.4 Расчет режимов сварки.....	48
2.4.1 Расчет режимов сварки шва №1	49
2.4.2 Расчет режимов сварки швов №2 и №6.....	56
2.4.3 Расчет режимов сварки швов №3, №7, №9	64
2.4.4 Расчет режимов сварки шва №4	71
2.4.5 Расчет режимов сварки шва №5	77
2.4.6 Расчет режимов сварки шва №8	86
2.5 Выбор сборочного и сварочного оборудования	92
2.5.1 Описание конструкции сборочной установки	92
2.5.2 Описание конструкции сварочной установки	96
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	98
3.1 Способы и средства контроля качества.....	98
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....	100
3.3 Оборудование для контроля качества.....	102
3.4 Методика контроля	105
3.4.1 Визуальный и измерительный контроль.....	105
3.4.2 Ультразвуковой контроль	106
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	108

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

4.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов	108
4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ	109
4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда	109
4.2.2 Обеспечение электрической безопасности.....	110
4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности	112
4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами.....	113
4.4 Планировка оборудования и рабочих мест участка.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ	120

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации в настоящее время активно производится улучшение дорожной инфраструктуры. Благодаря этому, производится как строительство новых дорожных магистралей, так и капитальный и средний ремонт существующих автодорог.

При проведении указанных работ активное участие принимает спецтехника. В понятие спецтехники входят различные дорожно-строительные машины, использующиеся для проведения работ. Немаловажную роль здесь играет наличие у дорожных служб экскаваторов различных марок и типов.

Экскаватор Hitachi 330zx применяется для проведения работ при строительстве в сложных условиях бездорожья и различных климатических поясов. При этом в работе участвует вся конструкция экскаватора. Одним из наиболее нагруженных элементов в системе является гусек-удлинитель, который предназначен для увеличения рабочей зоны при экскаватора.

Указанные условия предъявляются жесткие требования к качеству изготовления рассматриваемого узла. Применение качественных сварочных материалов и защитной среды позволяет добиться требуемых характеристик.

В работе рассматривается совершенствование технологии сборки и сварки гуська-удлинителя для экскаватора Hitachi 330zx.

Целью работы является проведение анализа на технологичность базового варианта и выявление несовершенства в применяемой технологии изготовления.

Задачами, которые поставлены в работе является анализ несовершенства технологии, поиск способа устранения несоответствий. Для этого в работе проведен анализ существующих способов сварки, выявлен наиболее оптимальный для изготовления Гуська. Произведен подбор оборудования и оснастки, а также рассчитаны режимы сварки.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции изделия

В выпускной квалификационной работе рассматривается деталь, называемая «Гусек-удлинитель» (далее по тексту Гусек). Деталь является частью землеройной системы экскаватора Hitachi 330zx, который показан на рисунке 1.1.

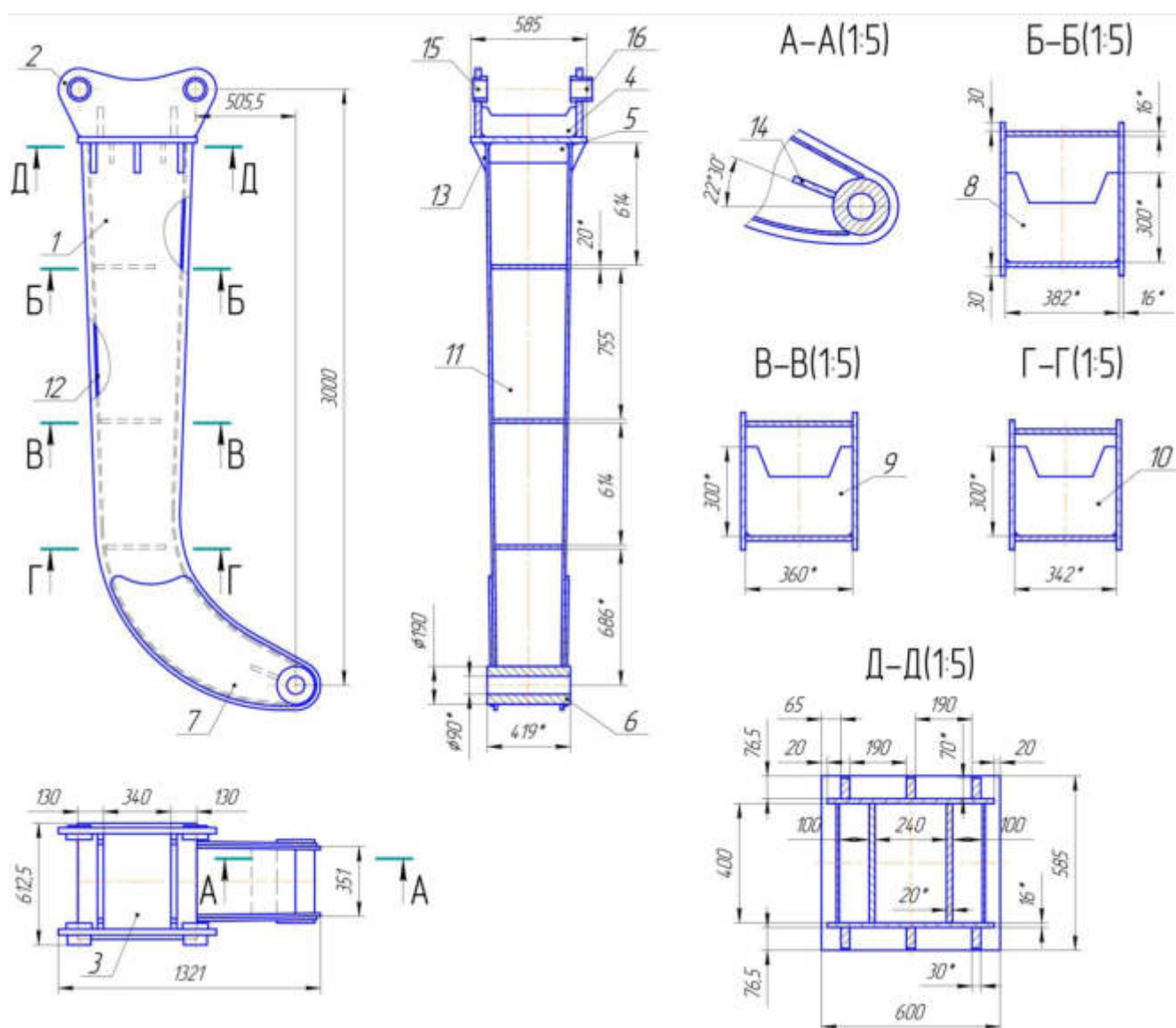


Рисунок 1.1 – Экскаватор Hitachi 330zx

Экскаваторы работают в сложных условиях как на ровной местности, так и на горной. При работе основную нагрузку испытывает на себе ковш, удлинитель, основная балка. Для увеличения рабочей зоны и применяется Гусек. Он закрепляется к основной балке при помощи оси. Закрепление ковша производится также при помощи осей.

Гусек-удлинитель для экскаватора Hitachi 330zx показан на рисунке 1.2.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



1 – Боковина; 2 – Проушина; 3 – Плита; 4 – Ребро жесткости; 5 – Ребро внутреннее; 6 – Ось; 7 – Накладка; 8 – Распорка; 9 – Распорка; 10 – Распорка; 11 – Лист внутренний; 12 – Лист наружный; 13 – Ребро; 14 – Ребро; 15 – Втулка малая; 16 – Втулка

Рисунок 1.2 – Гусек

Гусек изготавливается из листового проката и поковок при помощи сварки. На рисунке 1.3 показана боковина.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

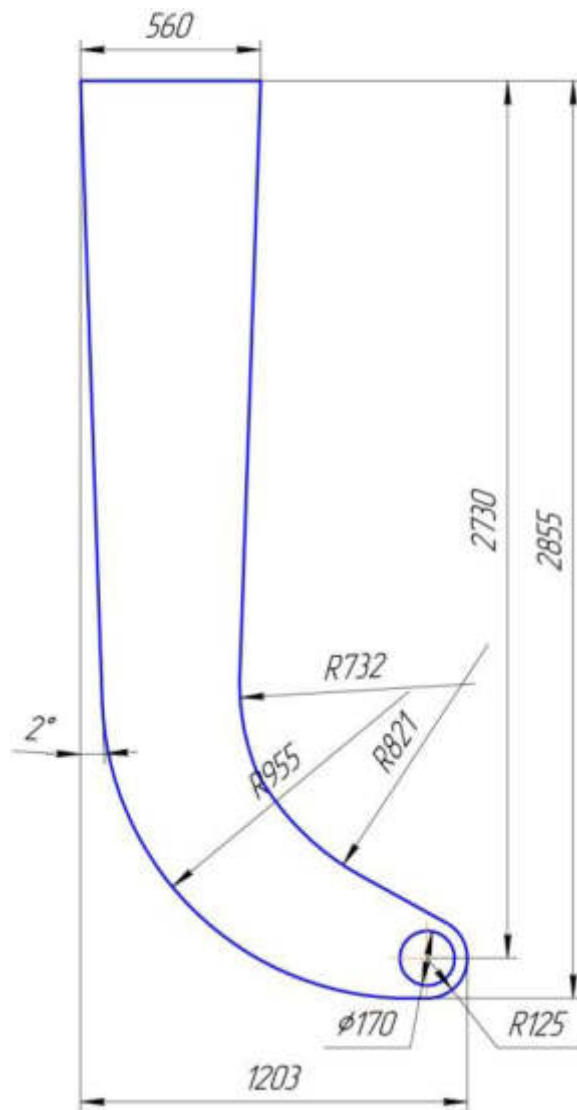


Рисунок 1.3 – Боковина

Боковина (поз. 1, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 16 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 2 боковины.

Проушина показана на рисунке 1.4.

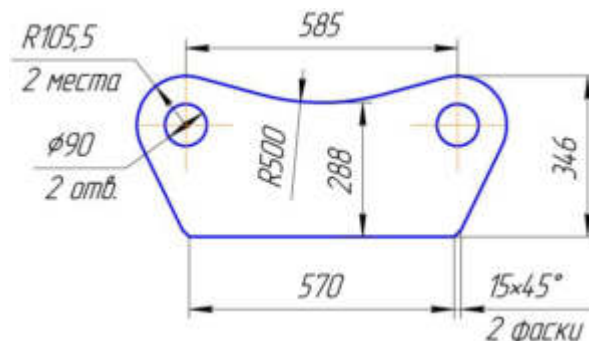


Рисунок 1.4 – Проушина

Проушина (поз. 2, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 30 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 2 проушины.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Плита показана на рисунке 1.5.

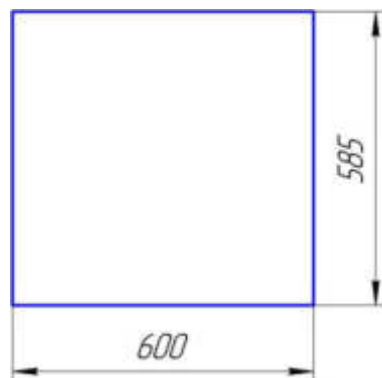


Рисунок 1.5 – Плита

Плита (поз. 3, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 30 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 плита.

Ребро жесткости показано на рисунке 1.6.

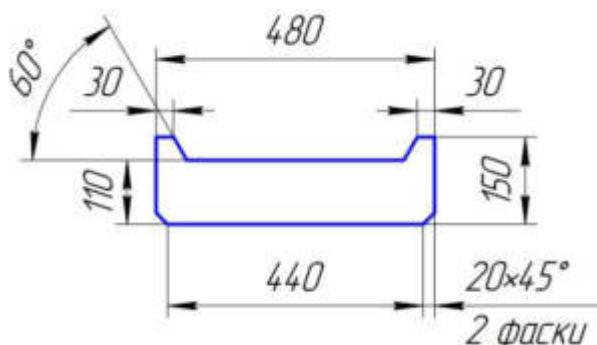


Рисунок 1.6 – Ребро жесткости

Ребро жесткости (поз. 4, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 30 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 2 ребра жесткости.

Ребро внутреннее показано на рисунке 1.7.

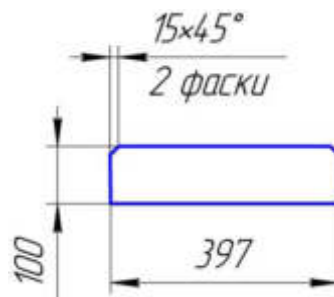


Рисунок 1.7 – Ребро внутреннее

Ребро внутреннее (поз. 5, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 20 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 2 ребра

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

внутренних.

Ось показана на рисунке 1.8.

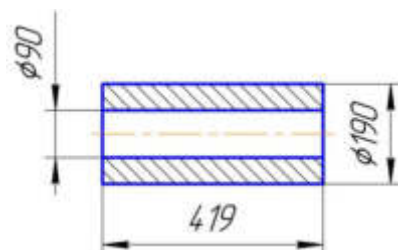


Рисунок 1.8 – Ось

Ось (поз. 6, рисунок 1.2) изготавливается из круглого проката. В конструкции Гуська используется 1 ось.

Накладка показана на рисунке 1.9.

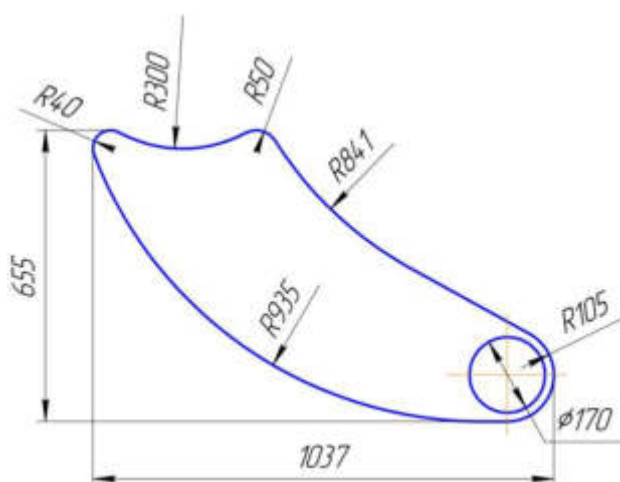


Рисунок 1.9 – Накладка

Накладка (поз. 7, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 16 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 2 накладки.

Распорка показана на рисунке 1.10.

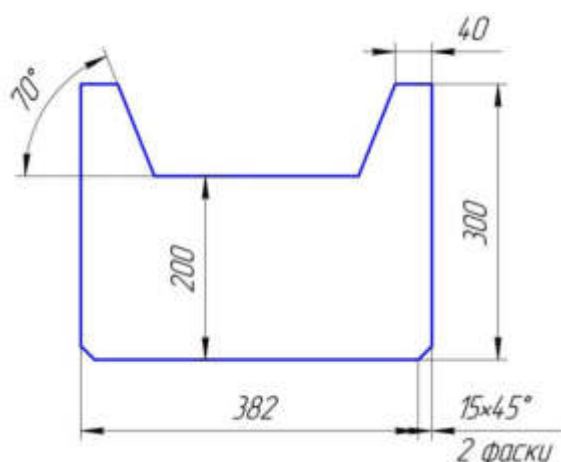


Рисунок 1.10 – Распорка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Распорка (поз. 8, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 20 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 распорка.

Распорка показана на рисунке 1.11.

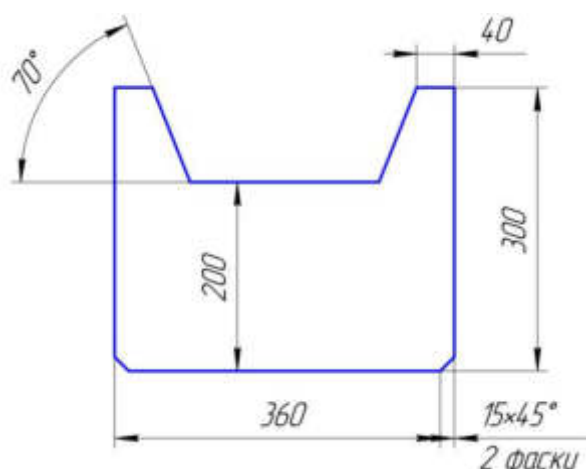


Рисунок 1.11 – Распорка

Распорка (поз. 9, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 20 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 распорка.

Распорка показана на рисунке 1.12.

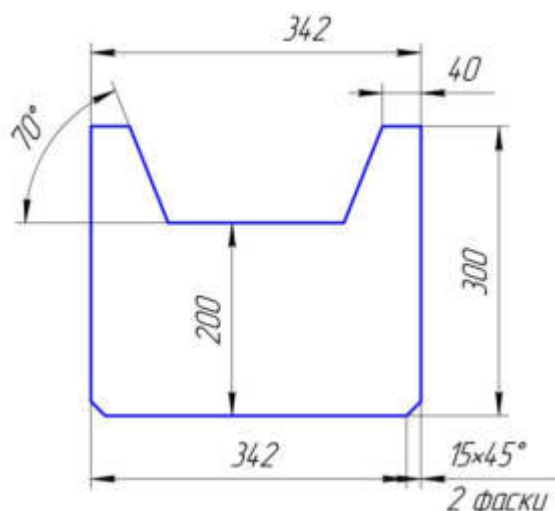


Рисунок 1.12 – Распорка

Распорка (поз. 10, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 20 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 распорка.

Лист внутренний показан на рисунке 1.13.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

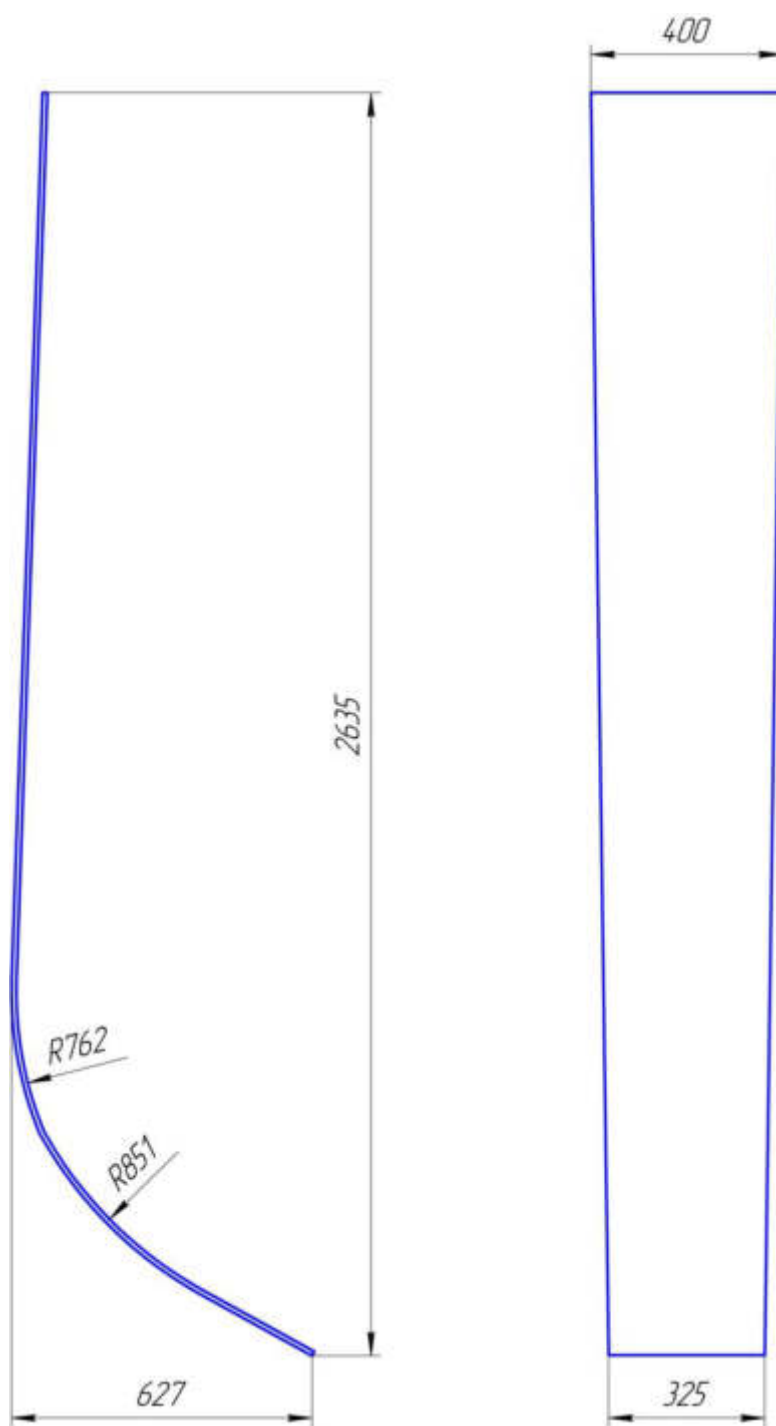


Рисунок 1.13 – Лист внутренний

Лист внутренний (поз. 11, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 10 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 лист внутренний.

Лист наружный показан на рисунке 1.14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

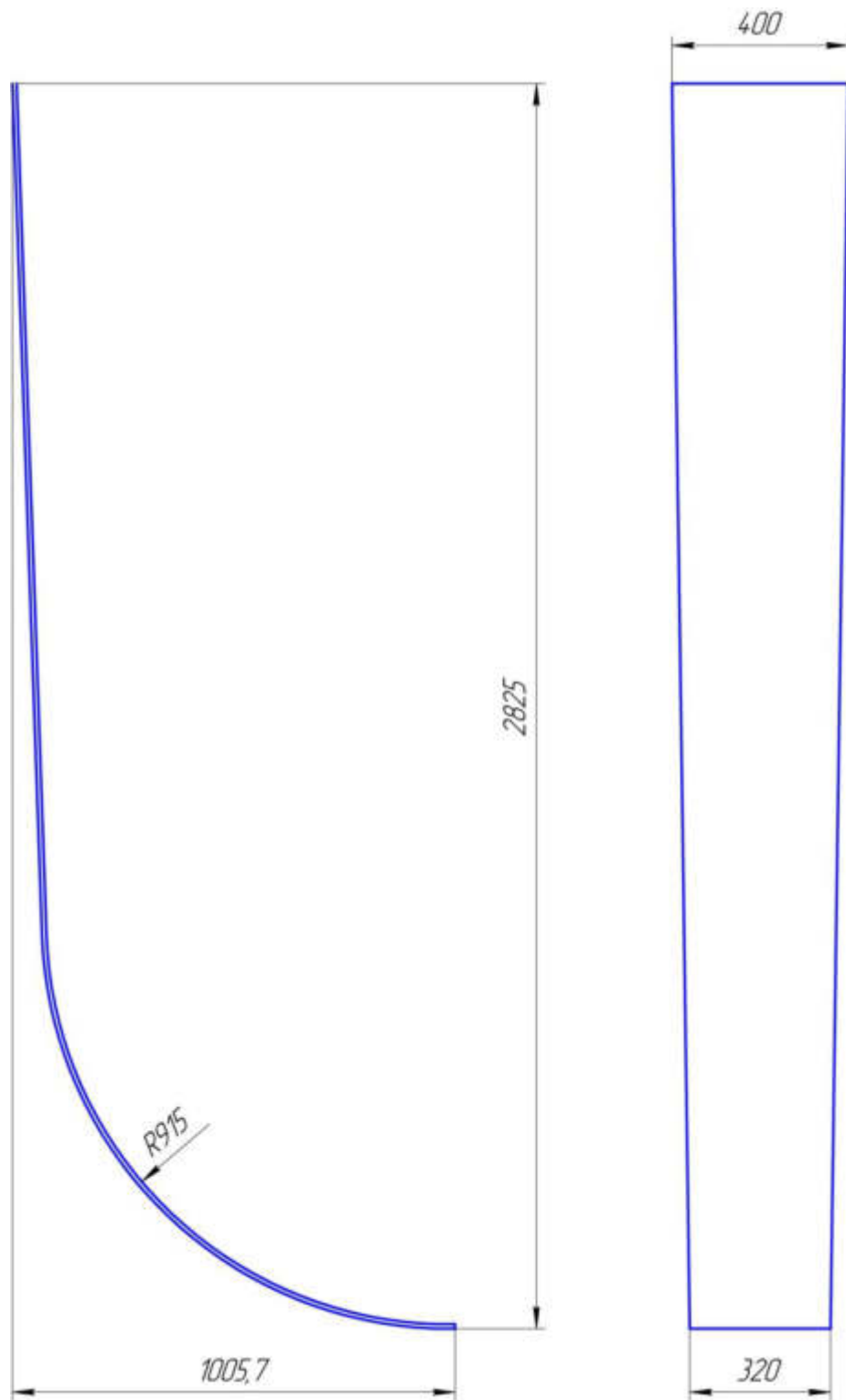


Рисунок 1.14 – Лист наружный

Лист наружный (поз. 12, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 10 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 лист наружный.

Ребро показано на рисунке 1.15.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

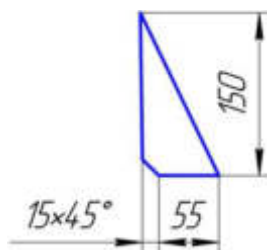


Рисунок 1.15 – Ребро

Ребро (поз. 13, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 30 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используются 6 ребер.

Ребро показано на рисунке 1.16.

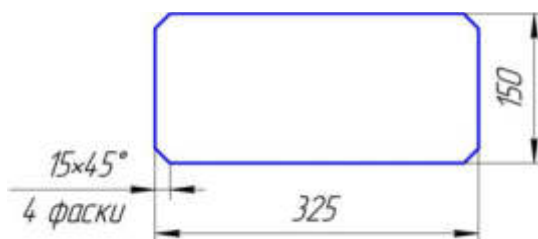


Рисунок 1.16 – Ребро

Ребро (поз. 14, рисунок 1.2) изготавливается из листа толщиной 20 мм плазменно-дуговой резкой. В конструкции Гуська используется 1 ребро.

Втулка малая показана на рисунке 1.17.

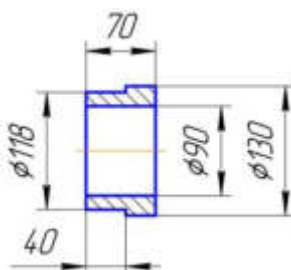


Рисунок 1.17 – Втулка малая

Втулка малая (поз. 15, рисунок 1.2) изготавливается из поковки. В конструкции Гуська используются 2 втулки малые.

Втулка показана на рисунке 1.18.

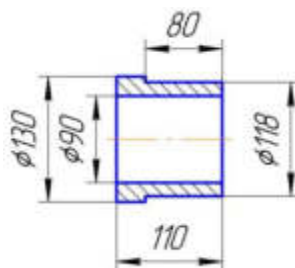


Рисунок 1.18 – Втулка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Втулка (поз. 16, рисунок 1.2) изготавливается из поковки. В конструкции Гуська используются 2 втулки.

При изготовлении в конструкции Гуська применяются сварные швы различной конфигурации, которые показаны на рисунке 1.19.

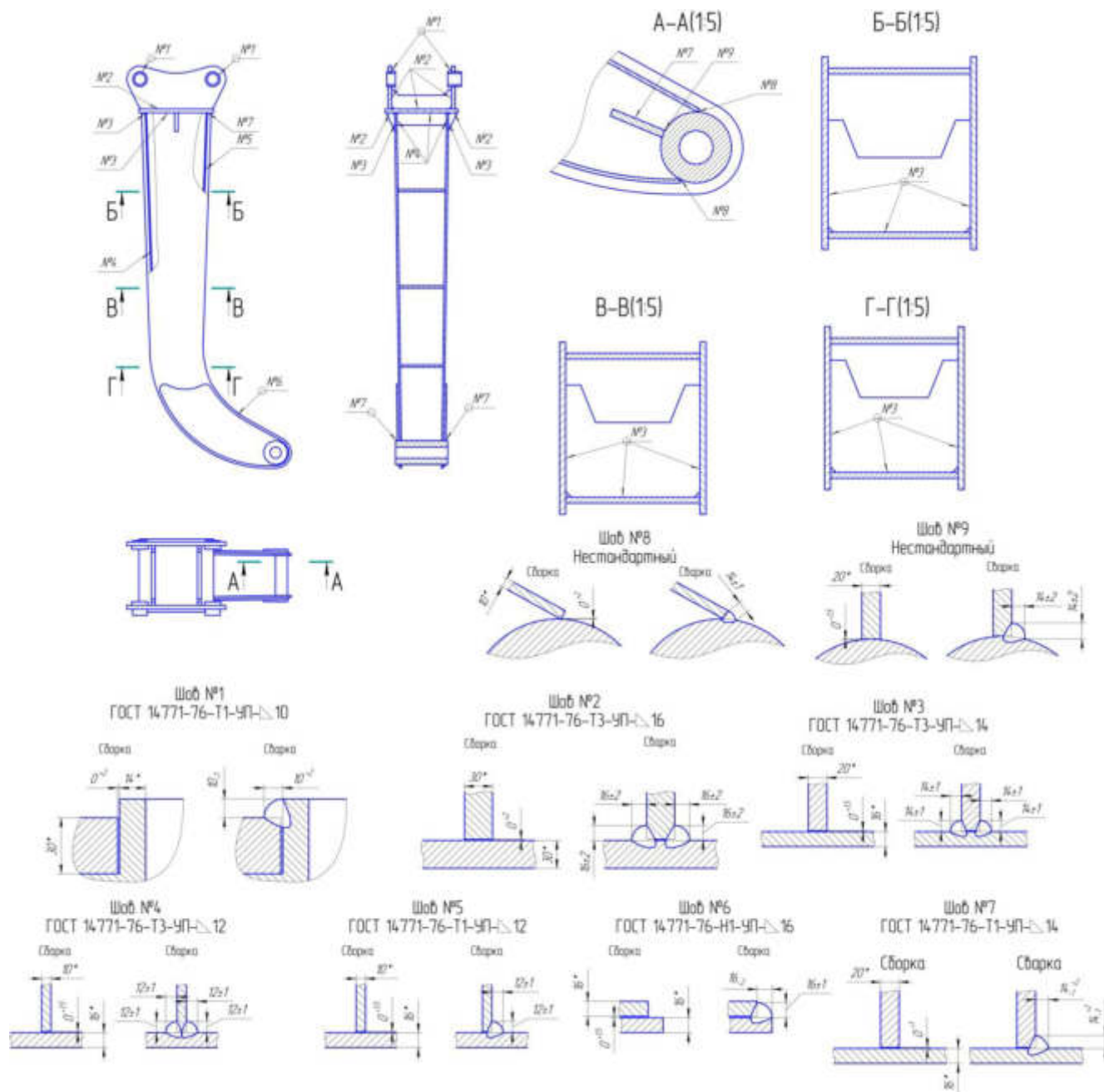


Рисунок 1.19 – Сварные швы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.2 Материалы Гуська и их свариваемость

Листовой прокат изготавливается с геометрическими размерами, которые соответствуют требованиям [1].

В качестве основного материала применяется низколегированная сталь марки 09Г2С, которая изготавливается по химическому составу и механическим свойствам в соответствии с требованиями [2].

Химический состав стали 09Г2С приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 09Г2С [2]

В процентах

Si	Mn	C	Cr	Ni	Cu	P	S	As
		Не более						
0,5...0,8	1,3...1,7	0,12	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,08

Механические свойства проката из стали 09Г2С приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства проката из стали 09Г2С [2]

Вид проката	Класс прочности	Толщина проката, мм	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
Лист	345	≤ 32	345	490	21

При приемке металлопроката одним из основных требований является склонность стали к образованию холодных трещин, которая оценивается по значению содержания химических элементов, выраженному в виде углеродного эквивалента.

Для низкоуглеродистых низколегированных сталей, изготавливаемых согласно [2] с классом прочности С345 максимальное значение эквивалента углерода должно составлять не более 0,46 %. В этом случае, сталь не склонна к образованию холодных трещин. В ином случае, требуется проводить дополнительные технологические операции, такие как предварительный

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

подогрев, а также термическую обработку.

Для оценки склонности стали к образованию холодных трещин при приемке металлопроката расчет эквивалента углерода производится по формуле (1.1) из [2]:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2}, \quad (1.1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P – среднее процентное содержание в стали 09Г2С углерода (C), марганца (Mn), кремния (Si), хрома (Cr), никеля (Ni), меди (Cu), ванадия (V), фосфора (P), которое проверяется по сертификатным данным, %.

Для корректного вычисления значения эквивалента углерода используются сертификатные данные на прокат. При их отсутствии, расчет производится по среднему содержанию элементов в стали.

Подставим значения содержания химических элементов в стали 09Г2С в формулу (1.1), и получим, что значение $C_{\text{Э}}$:

$$C_{\text{Э}} = 0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,65}{24} + \frac{0,15}{5} + \frac{0,15}{40} + \frac{0,15}{13} + \frac{0,017}{2} = 0,42 \%$$

Полученное значение эквивалента углерода для стали 09Г2С не превышает требуемое (0,46%), поэтому, дополнительные технологические операции (например, подогрев или термообработку) проводить не требуется.

1.3 Условия эксплуатации Гуська

Гусек работает в условиях воздействия на него изгибающего момента, момента кручения, сложных знакопеременных нагрузок. Данные нагрузки возникают при любых условиях работы экскаватора.

Наиболее тяжелое воздействие нагрузок на себе испытывает узел, состоящий из плиты, проушин и ребер жесткости, так как в данном узле присутствуют

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

угловые швы.

Выводы по разделу 1:

В разделе 1 рассмотрена конструкция гуська-удлинителя экскаватора Hitachi 330zx. Описан химический состав и механические свойства основного материала, а также виды и типы сварных соединений. Рассмотрены условия эксплуатации Гуська. Рассчитана свариваемость стали и определена необходимость применения предварительного подогрева перед сваркой.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Первичной операцией при изготовлении Гуська является входной контроль материалов.

При входном контроле проводится проверка следующих данных:

- проверка металлопроката по сертификатным данным;
- проверка геометрических размеров проката;
- отбор проб для контроля механических свойств и подтверждения химического состава;
- контроль сертификатных данных и геометрических параметров деталей, поставляемых на участок изготовления Гуська готовыми. К таким деталям относятся:
 - ось (поз. 6, рисунок 1.2);
 - втулка малая (поз. 15, рисунок 1.2);
 - втулка (поз. 16, рисунок 1.2).

Входной контроль проводится на складе металлопроката. При выявлении каких-либо несоответствий продукция отправляется в изолятор брака для принятия комиссионного решения по возможности ее использования в производстве.

Листовой прокат, признанный соответствующим требованиям нормативных

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

документов, при помощи крана отправляют на участок заготовительного производства.

После входного контроля прокат проходит операцию дробеметной очистки от окалины, ржавчины и прочих загрязнений. Дробеметная очистка проводится на установке марки 24583М, показанной на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Установка дробеметной очистки 24583М

Характеристики установки 24583М приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики установки 24583М

Характеристика	Значение
Габаритные размеры очищаемых изделий, мм:	
– ширина, не более	2500
– высота, не более	700
– длина, не менее	2500
– толщина, не менее	4
Производительность очистки при максимальной ширине листа, м ² /мин	11
Диапазон скоростей рольганга, м/мин	0,7...7
Установленная мощность, не более, кВт	215

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 2.1.

Род тока питающей сети	Переменный, трехфазный
Габаритные размеры установки, не более, мм (длина без рольгангов)	6500×9700×7200
Масса установки, не более, кг	42000

Далее, очищенные листы отправляются для резки. Резка производится с применением плазменной дуги. Данным способом получают следующие заготовки (номера позиций указаны в соответствии с рисунком 1.2):

- боковины (поз. 1);
- проушины (поз. 2);
- плиту (поз. 3);
- ребра жесткости (поз. 4);
- ребра внутренние (поз. 5);
- накладки (поз. 7);
- распорки (поз. 8, 9, 10);
- лист внутренний (поз. 11);
- лист наружный (поз. 12);
- ребра (поз. 13);
- ребро (поз. 14).

Для плазменно-дуговой резки листов используется портальная машина газо-плазменной резки марки Fire Bridge с ЧПУ, производства фирмы Marlin CNC, показанная на рисунке 2.2.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Рисунок 2.2 – Машина плазменной резки Fire Bridge [3]

Технические характеристики машины плазменной резки Fire Bridge представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики машины плазменной резки Fire Bridge [3]

Характеристика	Значение
Напряжение питания портала, В/Гц	220/50
Скорость перемещения машины, м/мин	0,05...15
Регулировка скорости движения	плавная
Количество резаков, устанавливаемых на машину, шт	1
Геометрическая точность при прочерчивании, мм	$\pm 0,2 \dots 0,4$
Точность задаваемых перемещений, мм	$\pm 0,15$
Величина вертикального хода суппорта, мм	300
Максимальная потребляемая мощность, кВА	3,5
Ширина рабочей зоны, мм	1500...3000
Длина рабочей зоны, мм	3000...24000
Максимальная толщина разрезаемого металла, мм	200

Продолжение таблицы 2.2.

Размеры рельсового пути, мм:	
– длина	5000...26000
– межосевое расстояние, мм	2000...4000
– высота над уровнем пола, мм	2000

После резки заготовки зачищаются от шлака и грата шлифовальными машинками. В процессе зачистки с деталей в местах реза снимается науглероженный слой. Острые кромки на деталях притупляются радиусом не менее 2 мм. После зачистки каждая деталь контролируется визуально, а также производится измерение геометрических параметров.

Для изготовления листа внутреннего (поз. 11) и листа наружного (поз. 12) используется машина листогибочная трехвалковая И2222Б, показанная на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Машина листогибочная трехвалковая И2222Б [3]

Технические характеристики машины И2222Б приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики машины И2222Б [3]

Характеристика	Значение
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	2000
Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм	16
Наименьший радиус гибки, мм	240
Мощность двигателя, кВт	15
Габаритные размеры, мм	4700×1300×3220
Масса, кг	7300

Детали, прошедшие визуальный и измерительный контроль, доставляются на участок сборки и сварки. Складирование деталей осуществляется на специальных ложементках.

Сборка и сварка Гуська проводится в следующей последовательности:

1. Сборка и сварка узла, состоящего из плиты (поз. 3), проушин (поз. 2), ребер жесткости (поз. 4), втулок малых (поз. 15) и втулок (поз. 16);

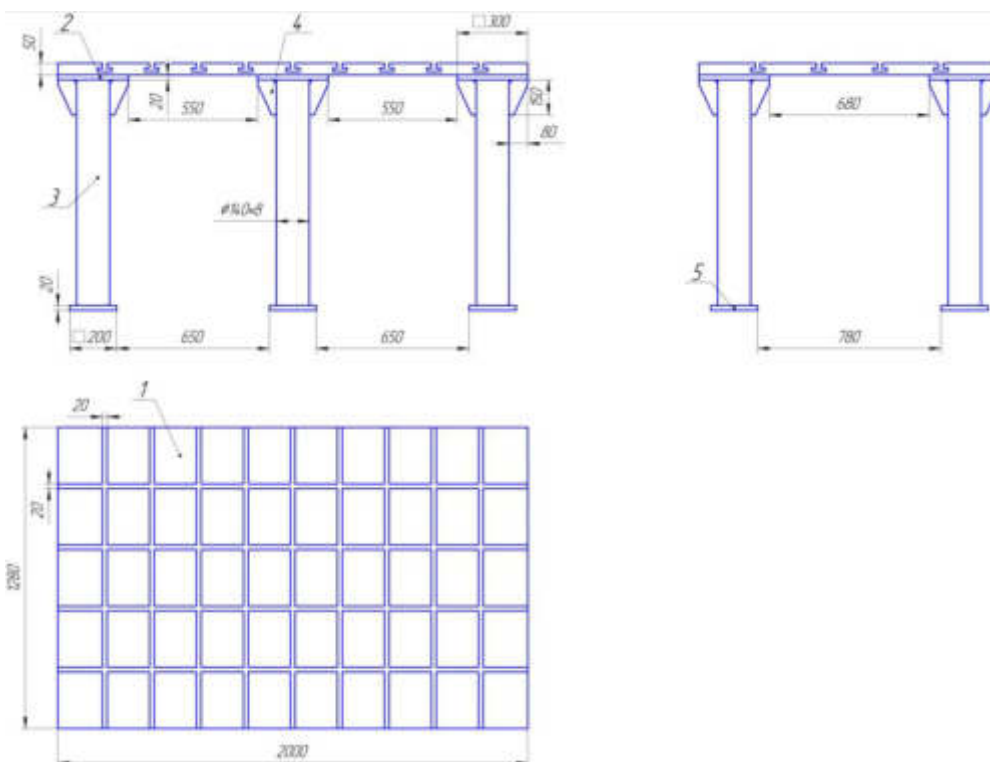
2. Сборка и сварка боковин (поз. 1), накладок (поз. 7), листа наружного (поз. 12), распорок (поз. 8, 9, 10). После изготовления узел отправляется на участок механической обработки для растачивания отверстия под сборку и сварку оси;

3. Сборка и сварка узла (боковины, накладки, лист наружный, распорки) с осью (поз. 6) и с ребром (поз. 14);

4. Сборка и сварка узла (плита, проушины, ребра жесткости, втулки малые, втулки) с узлом (боковины, накладки, лист наружный, распорки, ось, ребро);

5. Сборка и сварка изготовленного ранее узла с листом внутренним (поз. 11).

Сборка и сварка узла (плита, проушины, ребра жесткости, втулки малые, втулки) производится на столе сварщика, который показан на рисунке 2.4.



1 – Плита; 2 – Накладка; 3 – Стойка; 4 – Ребро жесткости; 5 – Опора

Рисунок 2.4 – Стол сварщика

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Стол сварщика является цельносварной конструкцией.

В первую очередь, проводится сварка проушин, втулок малых, втулок.

Схема сборки проушин с втулками показана на рисунке 2.5.

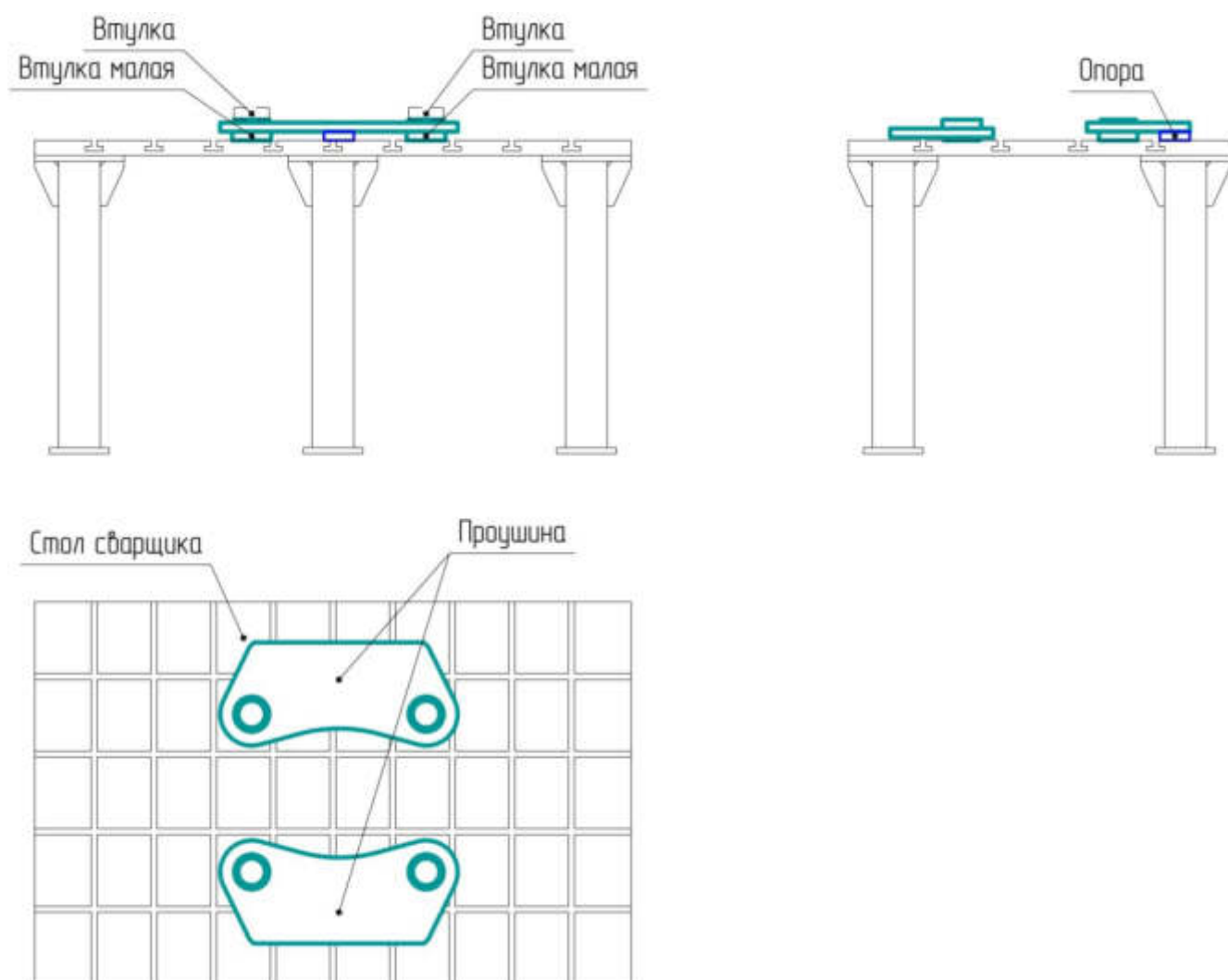
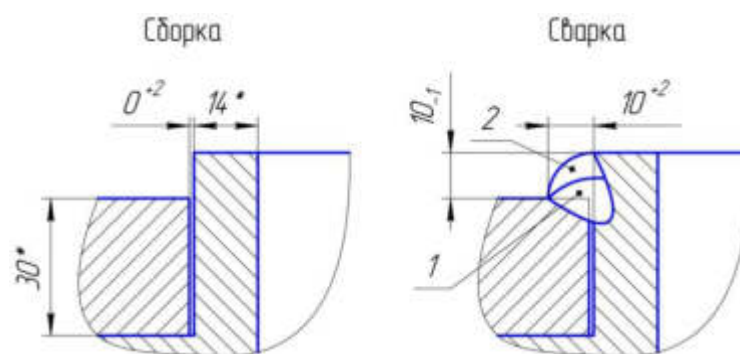


Рисунок 2.5 – Схема сборки проушин с втулками

При сборке в первую очередь на стол устанавливаются втулки узкой частью вверх. Затем, устанавливается опора (квадрат 100×100×30) для того, чтобы оси отверстий не вышли за допуски соосности. Прихватки на этом этапе сборки не устанавливаются. После сборки проушины с втулками проводится сварка №1 с узкой стороны втулки. Вид шва показан на рисунке 2.6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



1, 2 – Порядковый номер прохода

Рисунок 2.6 – Шов №1

Шов №1 в соответствии с классификацией [4] является тавровым, обозначение Т1. Катет шва составляет 10 мм с отклонениями, показанными на рисунке 2.6. Шов сваривается за два прохода.

Режимы сварки шва №1 показаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Режимы сварки шва №1

$d_{\text{э}}$, мм	$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{св}}$, см/с	Количество проходов, шт
1,2	220...250	24...26	0,3...0,5	2

После сварки шва №1 с одной стороны, проушина переворачивается и производится сварка шва №1 с другой стороны.

После сварки проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №1 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%. На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

После сварки проушин с втулками проводится сборка и сварка проушин с плитой. Для фиксирования соосности отверстий между собой, а также для обеспечения требуемого расстояния между проушинами, используется кондуктор, показанный на рисунке 2.7.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

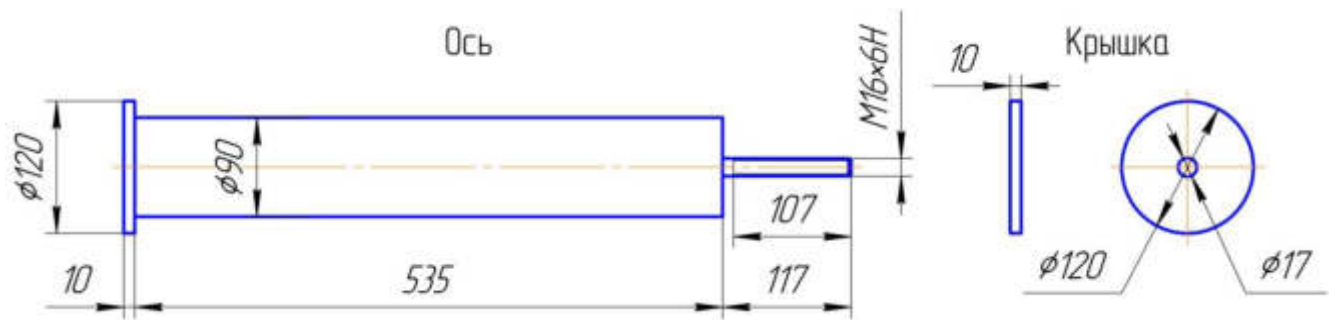


Рисунок 2.7 – Кондуктор для сборки проушин

Кондуктор состоит из оси и крышки. В крышке изготовлено отверстие для установки на резьбовую часть оси. Прижимается крышка при помощи гайки M16×6H, которая изготавливается по требованиям [5].

Схема сборки проушин и плиты показана на рисунке 2.8.

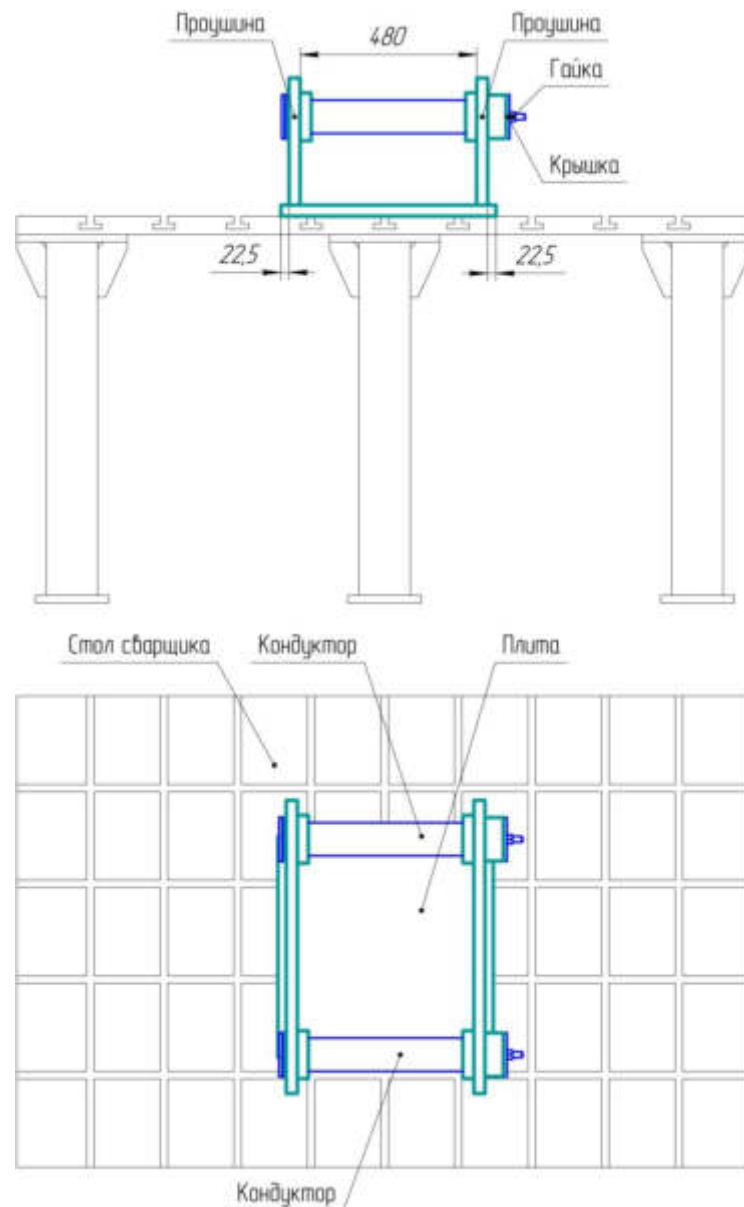
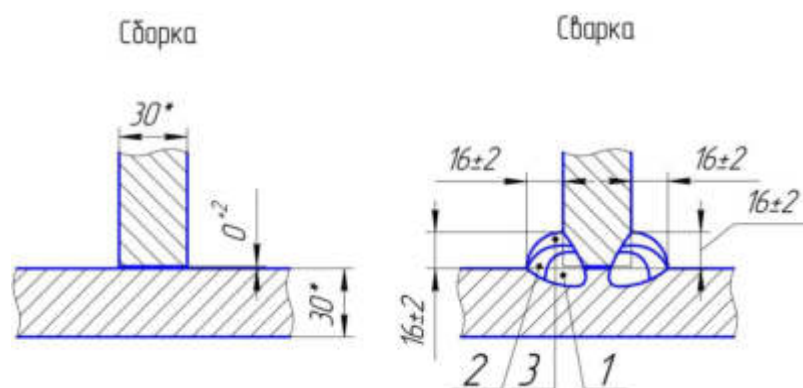


Рисунок 2.8 – Схема сборки проушин и плиты

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Сборка фиксируется прихватками. Длина прихватки должны быть не меньше 20 мм, катет прихватки не меньше 5 мм.

После сборки проводится сварка шва №2. Вид шва показан на рисунке 2.9.



1, 2, 3 – Порядковый номер прохода

Рисунок 2.9 – Шов №2

Шов №2 в соответствии с классификацией [4] является тавровым, обозначение ТЗ. Катет шва составляет 16 мм с отклонениями, показанными на рисунке 2.8. Шов сваривается за три прохода.

Режимы сварки шва №2 показаны в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Режимы сварки шва №2

$d_{\text{э}}$, мм	$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{св}}$, см/с	Количество проходов, шт
1,2	240...270	24...28	0,3...0,5	3

После сварки шва №2 проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №2 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%. Перпендикулярность проушины и плиты не должна превышать 0,5 мм на всю длину. При необходимости, проводится термомеханическая правка.

На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

Следующим этапом изготовления является сборка и сварка узла (проушины, плита) с ребрами жесткости. Схема сборки показана на рисунке 2.10.

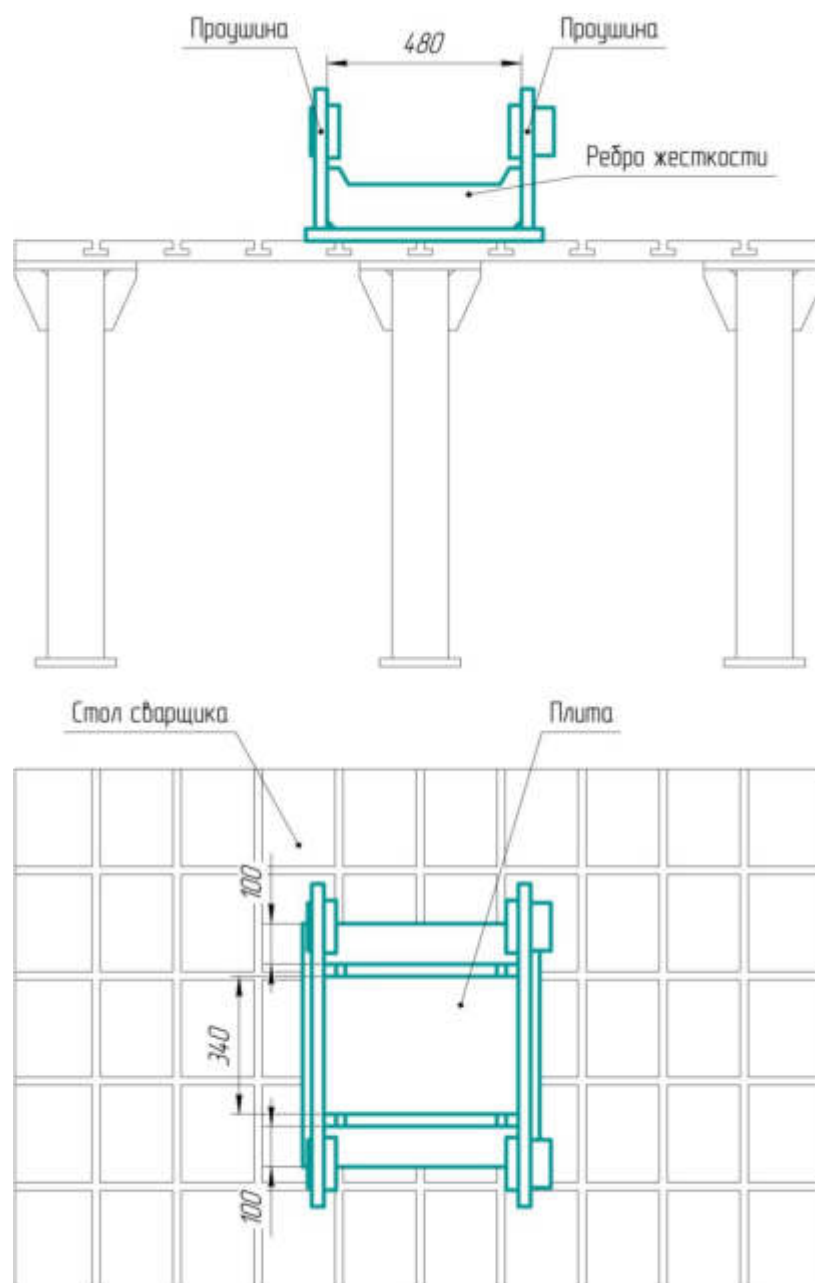


Рисунок 2.10 – Схема сборки

Сборка фиксируется прихватками. Длина прихватки должны быть не меньше 20 мм, катет прихватки не меньше 5 мм.

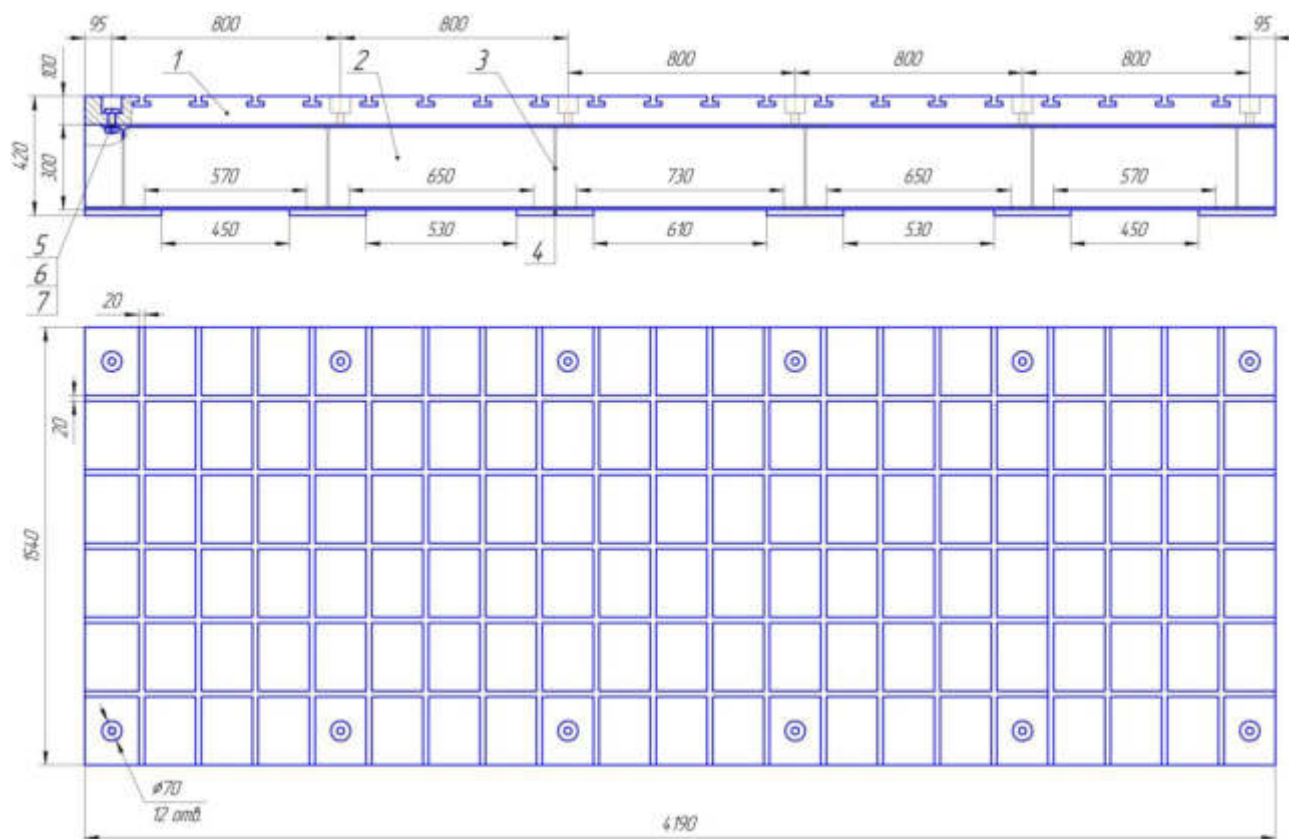
После сборки проводится сварка №2. Вид шва показан на рисунке 2.8. Режимы сварки шва №2 показаны в таблице 2.4.

После сварки шва №2 проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №2 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%. На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Сборка и сварка Гуська при укрупнении, а также при изготовлении длинномерных узлов, проводится на стенде, показанном на рисунке 2.11.



- 1 – Плита; 2 – Двутавр продольный; 3 – Двутавр поперечный; 4 – Накладка;
5 – Болт М24×6g; 6 – Гайка М24×6G; 7 – Шайба А.24.01.08кп.016

Рисунок 2.11 – Стенд для сборки и сварки

Стенд предназначен для проведения сборочных и сварочных работ при изготовлении длинномерных конструкций. К раме, состоящей из двутавров продольных (2 штук) и двутавров поперечных (6 штук) на болтовом соединении устанавливается плита. Закрепление на раме проводится болтами М24×6g [6], гайками М24×6G [5], шайбами А.24.01.08кп.016 [7].

Следующим этапом изготовления является сборка и сварка боковин, накладок, листа наружного, распорок.

Изготовление узла проводится в следующем порядке:

- сборка и сварка боковин с листом наружным;
- сборка и сварка распорок и накладок.

Схема сборки боковин с листом наружным показана на рисунке 2.12.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

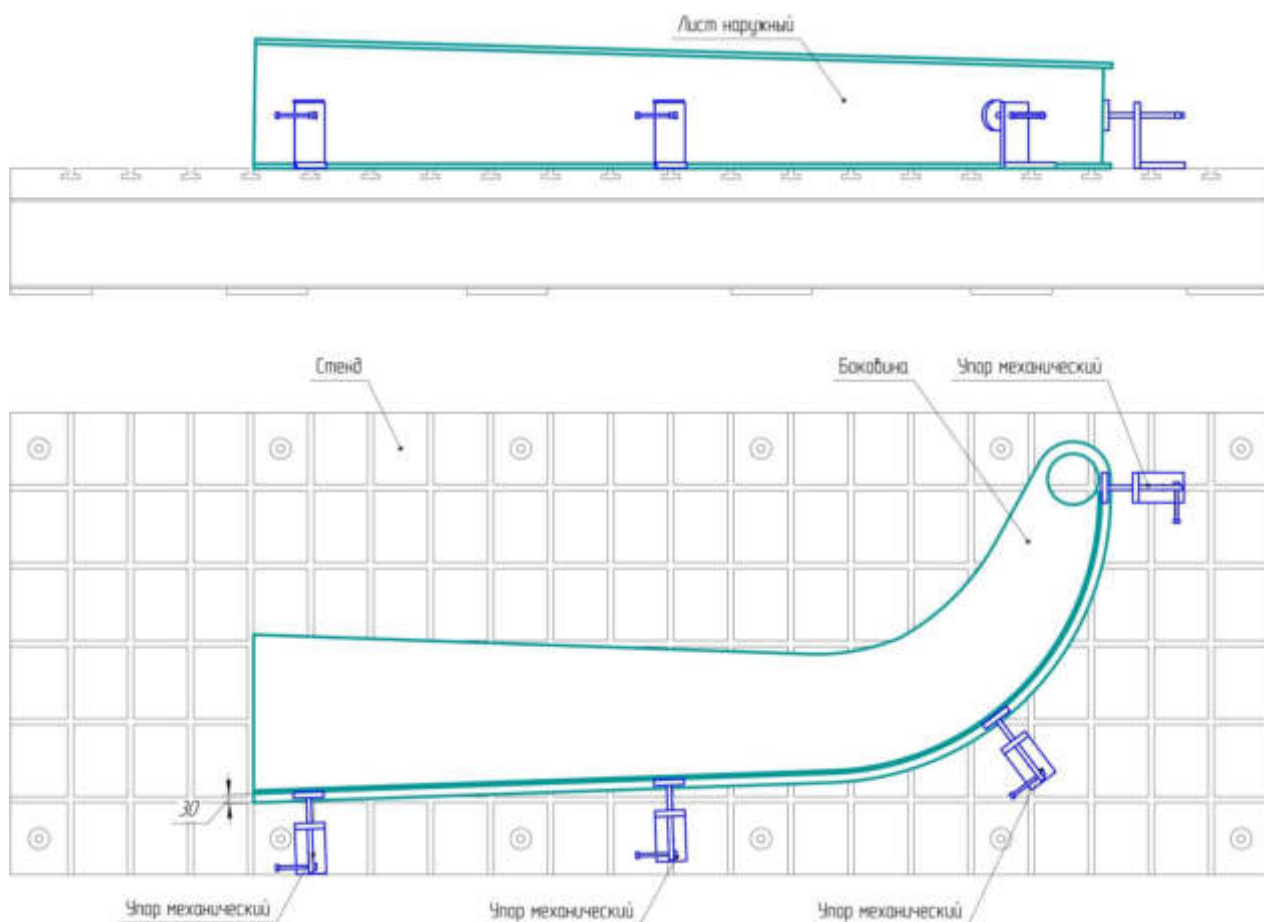
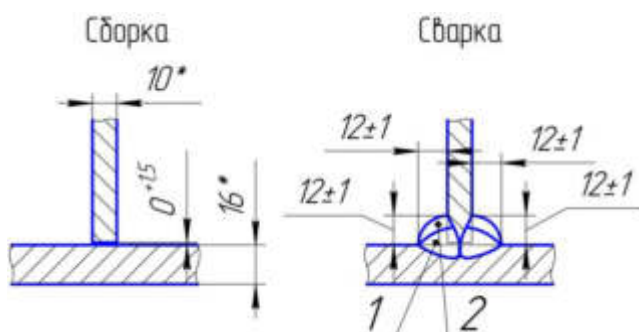


Рисунок 2.12 – Схема сборки боковин с листом наружным

Сборка боковин с листом наружным проводится при помощи винтовых механических прижимов, которые позволяют регулировать размер «30 мм». Прижимы закрепляются в пазах стенда при помощи гаек и болтов с квадратной головкой 7002-2555 [8].

Фиксирование сборки проводится прихватками длиной не менее 20 мм с катетом не менее 5 мм.

После сборки проводится сварка шва №4. Вид шва показан на рисунке 2.13.



1, 2 – Порядковый номер прохода

Рисунок 2.13 – Шов №4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Шов №4 в соответствии с классификацией [4] является тавровым, обозначение ТЗ. Катет шва составляет 12 мм с отклонениями, показанными на рисунке 2.13. Шов сваривается за два прохода.

Режимы сварки шва №4 показаны в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Режимы сварки шва №4

$d_{\text{э}}$, мм	$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{св}}$, см/с	Количество проходов, шт
1,2	200...250	22...26	0,3...0,5	2

После сварки шва №4 проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №4 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%.

На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

Схема сборки распорок и накладок с узлом (боковины, лист наружный) показана на рисунке 2.14.

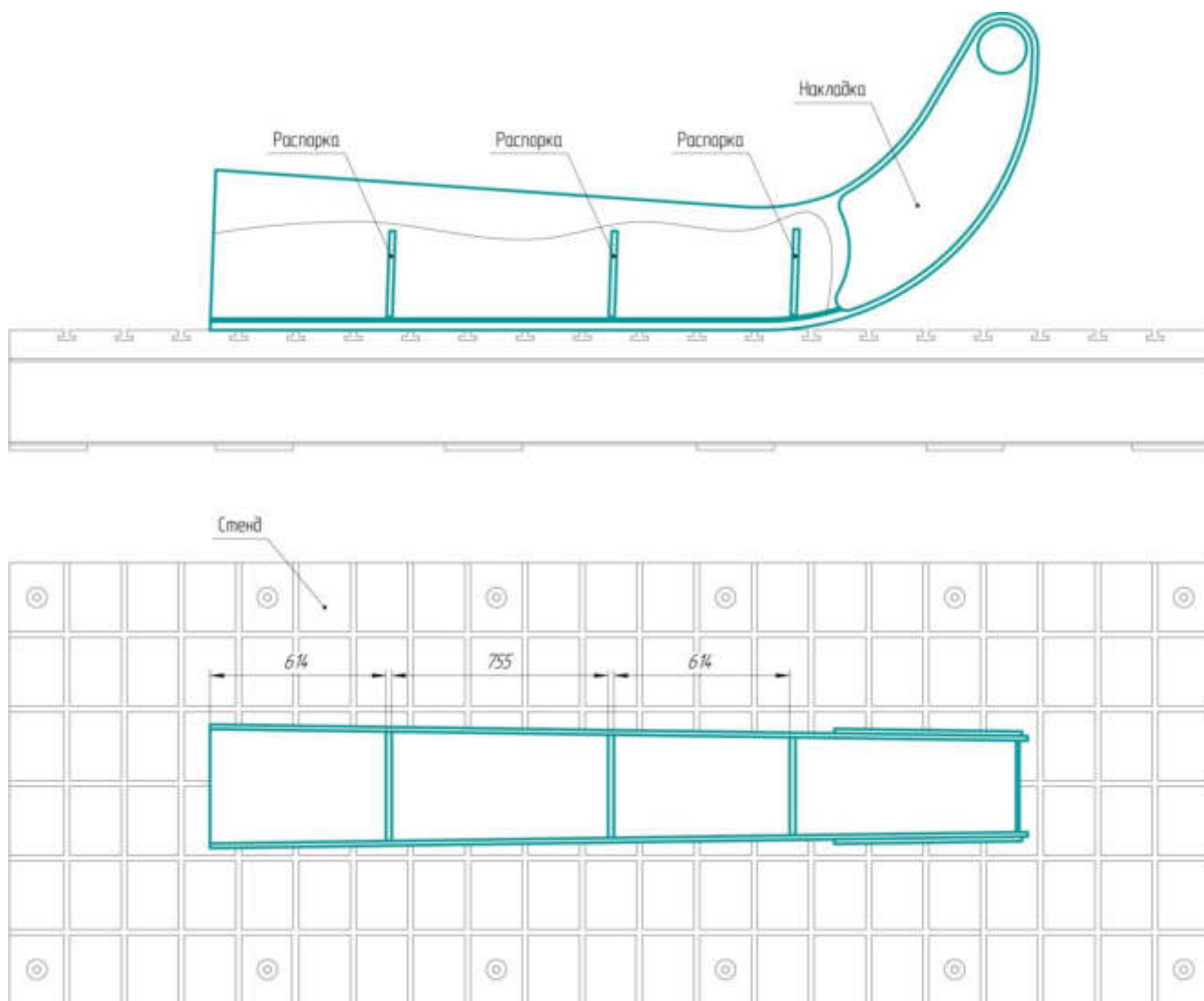
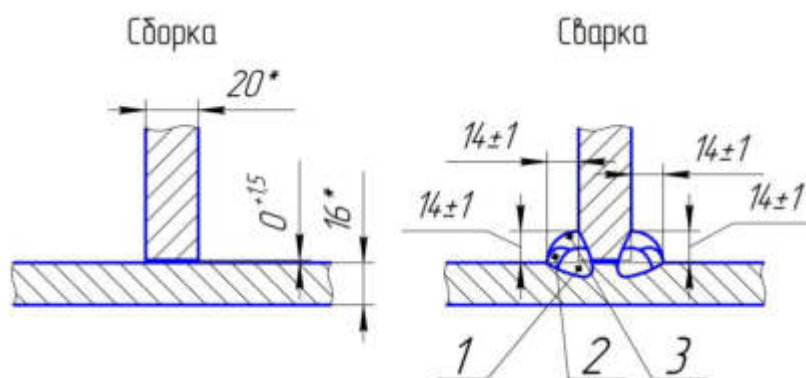


Рисунок 2.14 – Схема сборки распорок и накладок с узлом (боковины, лист наружный)

Фиксирование сборки проводится прихватками длиной не менее 20 мм с катетом не менее 5 мм.

После сборки проводится сварка шва №3. Вид шва показан на рисунке 2.15.



1, 2, 3 – Порядковый номер прохода

Рисунок 2.15 – Шов №3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Шов №3 в соответствии с классификацией [4] является тавровым, обозначение ТЗ. Катет шва составляет 14 мм с отклонениями, показанными на рисунке 2.15. Шов сваривается за три прохода.

Режимы сварки шва №3 показаны в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Режимы сварки шва №3

$d_э$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, В	$V_{св}$, см/с	Количество проходов, шт
1,2	200...250	22...26	0,3...0,5	3

После сварки шва №3 проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №3 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%.

На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

После сварки и контроля качества узел отправляется на участок механической обработки для растачивания отверстия под сборку и сварку оси.

После того, как изготовлено отверстие в боковинах проводится сборка и сварка узла (боковины, накладки, лист наружный, распорки) с осью (поз. 6) и с ребром (поз. 14). Схема сборки показана на рисунке 2.16.

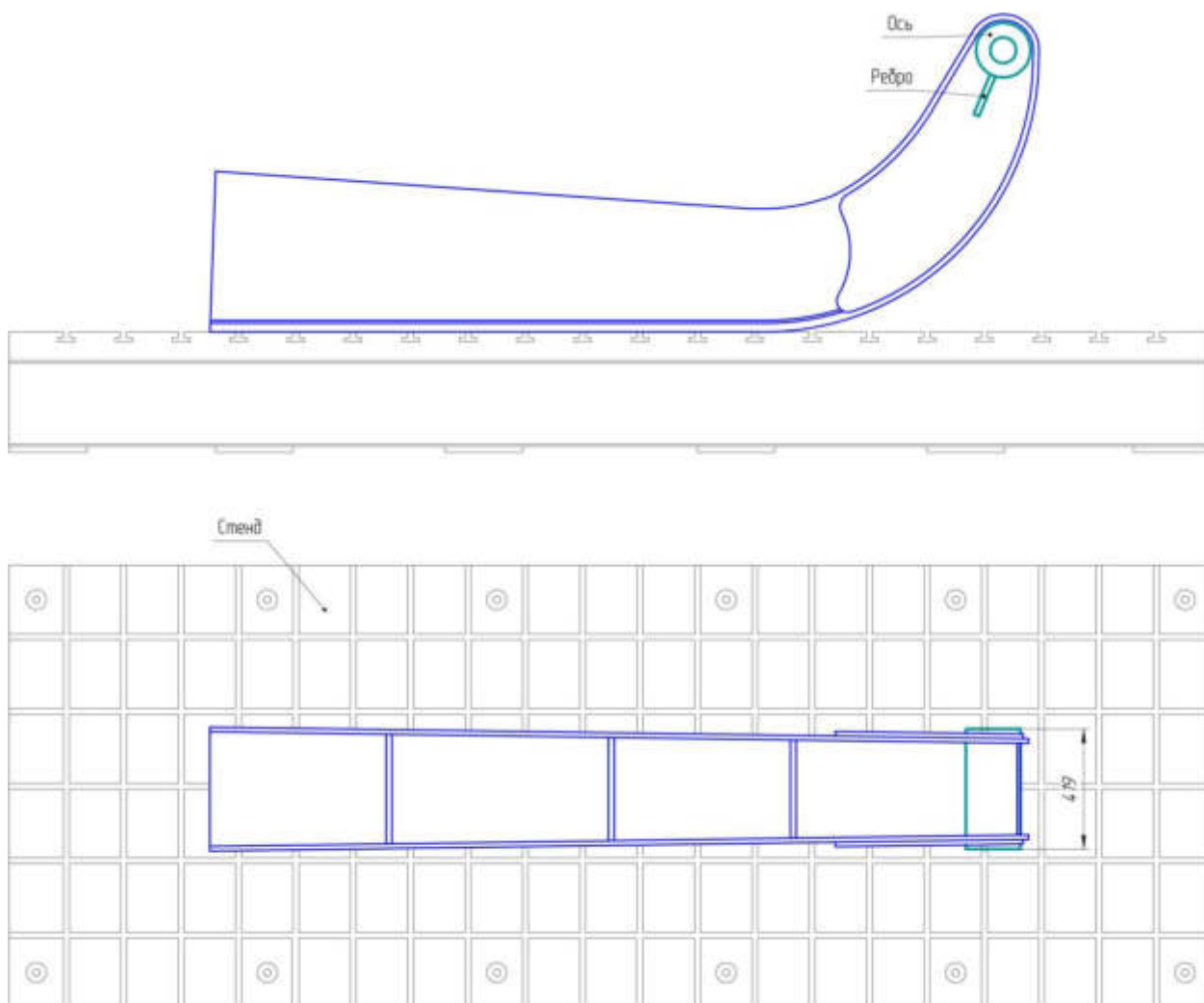


Рисунок 2.16 – Схема сборки

Фиксирование сборки проводится прихватками длиной не менее 20 мм с катетом не менее 5 мм.

Предпоследним этапом изготовления Гуська является сборка и сварка узла (плита, проушины, ребра жесткости, втулки малые, втулки) с узлом (боковины, накладки, лист наружный, распорки, ось, ребро). Схема сборки показана на рисунке 2.17.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

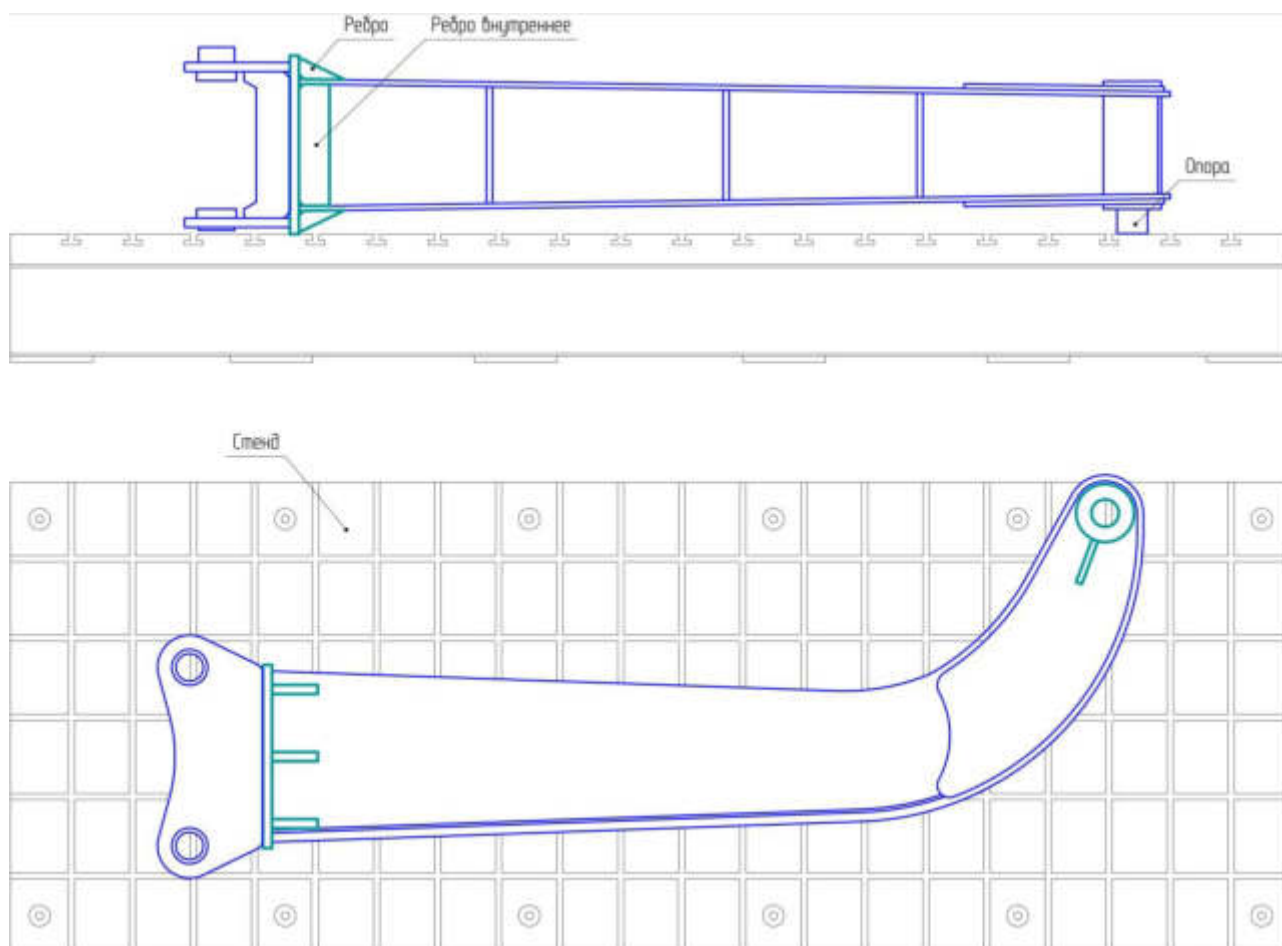
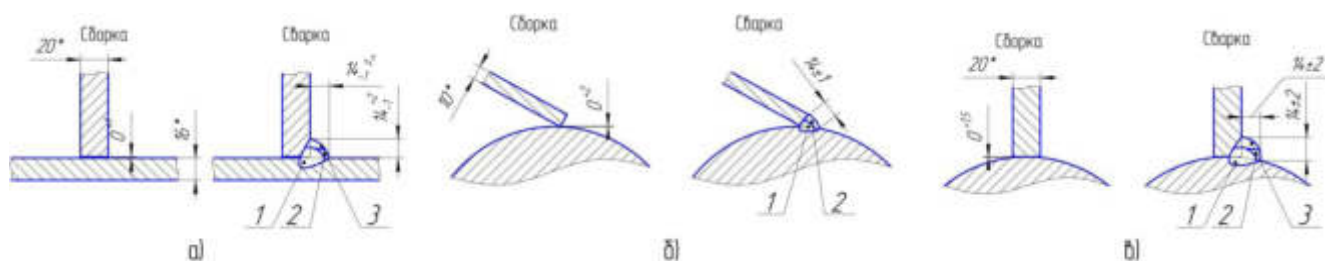


Рисунок 2.17 – Схема сборки

После сборки проводится сварка швов №2 (приварка ребер к плите), №3 (приварка ребер к боковине, приварка боковин к плите, приварка листа наружного к плите), №4 (приварка ребер внутренних к плите и боковинам, приварка листа наружного к боковинам), №7 (приварка ребра к боковинам, приварка оси к накладкам), №8 (приварка листа наружного к оси), №9 (приварка ребра к оси).

Вид швов №7, №8, №9 показан на рисунке 2.18.



1, 2, 3 – Порядковый номер прохода

а) – шов №7; б) – шов №8; в) – шов №9

Рисунок 2.18 – Швы №7, №8, №9

Шов №7 в соответствии с классификацией [4] является тавровым, обозначение

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

T1. Катет шва составляет 14 мм с отклонениями, показанными на рисунке 2.18, а). Шов сваривается за три прохода.

Режимы сварки шва №7 соответствуют указанным в таблице 2.7 как для шва №3.

Шов №8 является нестандартным. Шов сваривается за два прохода.

Режимы сварки шва №8 соответствуют указанным в таблице 2.7 как для шва №3.

Шов №9 является нестандартным. Шов сваривается за три прохода.

Режимы сварки шва №9 соответствуют указанным в таблице 2.7 как для шва №3.

После сварки швов №3, №4, №7, №8, №9 проводится зачистка швов и околошовной зоны.

Сварные швы №3, №4, №7, №8, №9 контролируются визуальным и измерительным контролем в объеме 100%.

На швах и в околошовной зоне не допускаются брызги расплавленного металла, поры (выходящие на поверхность), цепочки пор, трещины, подрезы глубиной более 0,3 мм.

Заключительным этапом изготовления Гуська является сборка и сварка изготовленного ранее узла с листом внутренним (поз. 11). Перед сборкой к листу внутреннему с «лицевой» стороны привариваются прерывистыми швами монтажные зацепы. После установки листа внутреннего в каркас Гуська, производится приварка временных упоров для выдержки размера «30 мм».

Схема сборки показана на рисунке 2.19.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

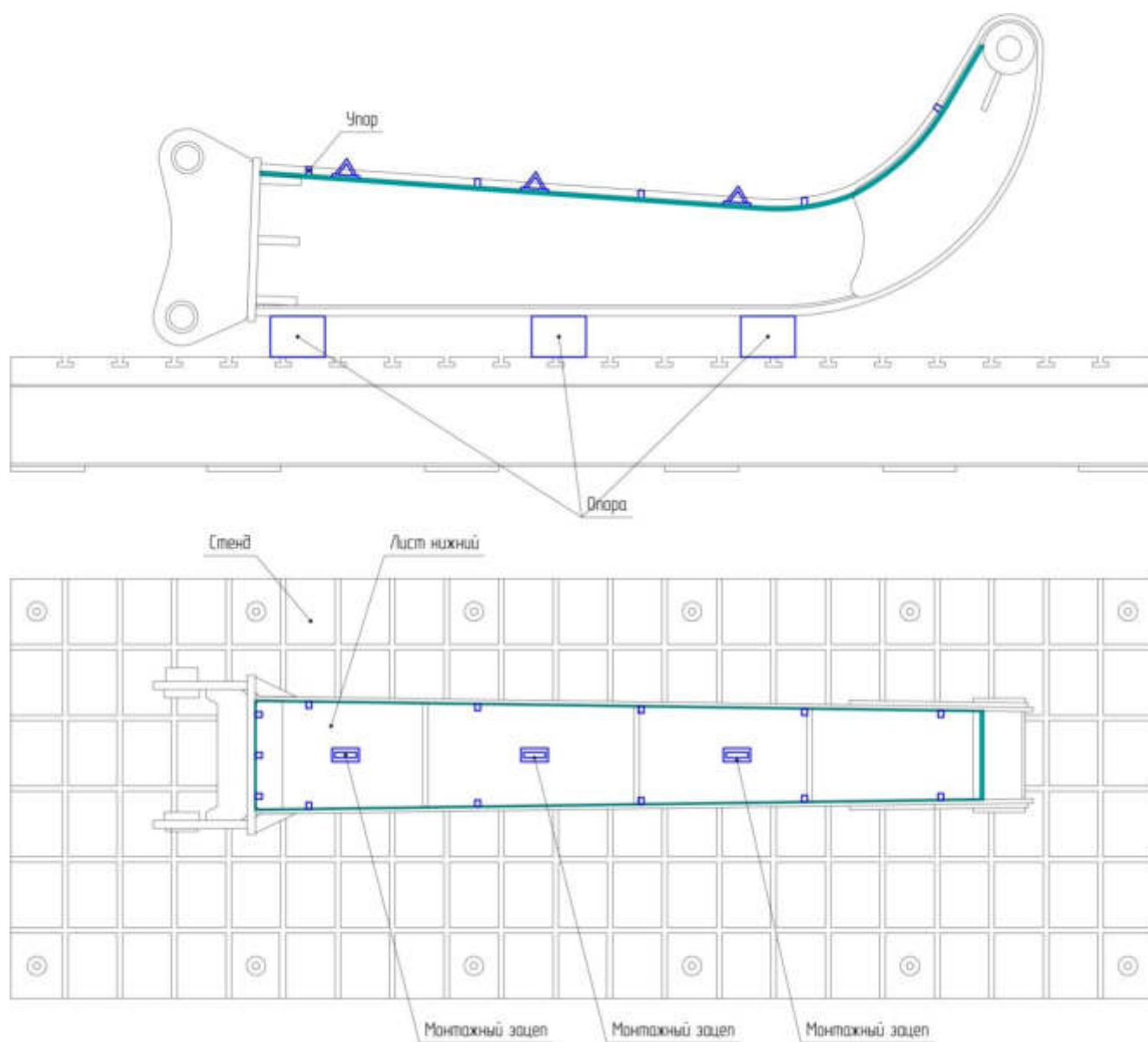


Рисунок 2.19 – Схема сборки

Сборка фиксируется прихватками. После сборки проводится удаление механическим способом технологических приспособлений.

После сборки проводится сварка швов №7 (приварка листа внутреннего к плите), №5 (приварка листа внутреннего к боковинам), №8 (приварка листа внутреннего к оси).

Вид шва №5 показан на рисунке 2.20.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 2.21 – Сварочный полуавтомат марки Aurora Pro Skyway 300 [9]
 Характеристики полуавтомата Aurora Pro Skyway 300 показаны в таблице 2.8.
 Таблица 2.8 – Характеристики полуавтомата Aurora Pro Skyway 300 [9]

Характеристика	Значение
Пределы регулирования сварочного тока, А:	
– MMA	50...300
– MIG/MAG	70...300
Напряжение холостого хода, В	56
Сетевое напряжение, В	3×380
Рабочее напряжение, В	16,5...32
Потребляемая из сети мощность, кВА	11
Продолжительность включения, %	35
Диаметр проволоки, мм	0,8...1,2
Скорость подачи проволоки, м/мин	3...16
Габаритные размеры, мм	995×460×950
Вес, кг	60

Механизированная сварка производится в среде 100% CO₂ сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, поставляемой по [10].

Химический состав проволоки Св-08Г2С приведен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [10]

В процентах

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr
			Не более			
0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	0,25	0,03	0,025	0,2

При изготовлении Гуська в существующем варианте технологии присутствуют следующие недостатки:

- широкое использование ручного труда при сварке;
- низкая производительность из-за «шагового» кантования узла;
- высокий уровень остаточных деформаций из-за применения двусторонних швов;
- отсутствуют требования по контролю качества сварных швов на внутренние дефекты, так как применяемые швы имеют конструктивный непровар.

Для того, чтобы устранить указанные выше недостатки предлагается применить комплекс мероприятий по корректировке технологии, а именно:

- применить вместо механизированной сварки в среде CO₂ автоматическую в среде смеси газов. Для этого потребуется подобрать роботизированный комплекс, который будет решать широкий спектр задач при сварке;
- подобрать сварочный вращатель для использования при роботизированной сварке;
- заменить типы сварных швов №4 (приварка листа наружного к боковинам) и №5 (приварка листа внутреннего к боковинам) на соединение с разделкой. Это позволит сократить тепловложение в конструкцию и уменьшит уровень деформаций, а также усовершенствовать порядок изготовления;
- применить для продольных швов с разделкой кромок ультразвуковой контроль качества.

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

В предлагаемом варианте технологического процесса изготовления Гуська при заготовительных операциях предлагается применить разделку кромок на листе внутреннем и листе наружном. Для этого предлагается применить электрический фаскосниматель марки GTW-2100, показанный на рисунке 2.22.



Рисунок 2.22 – Фаскосниматель GTW-2100

Характеристики фаскоснимателя GTW-2100 показаны в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Характеристики фаскоснимателя GTW-2100

Характеристика	Значение
Максимальный угол снятия фаски, град	90
Максимальная ширина фаски, мм	22
Максимальная глубина фаски, мм	15
Мощность, кВт	1,7
Масса, кг	6,5

Для повышения уровня автоматизации процесса сварки предлагается применить вместо механизированной сварки в среде CO₂ роботизированную сварку в среде смеси газов. Это позволит изменить диаметр сварочной проволоки, а также улучшить качество формирования швов.

Базовом варианте процесса изготовления применяются сварные швы №4 и №5 с конфигурацией, показанной на рисунке 2.23.

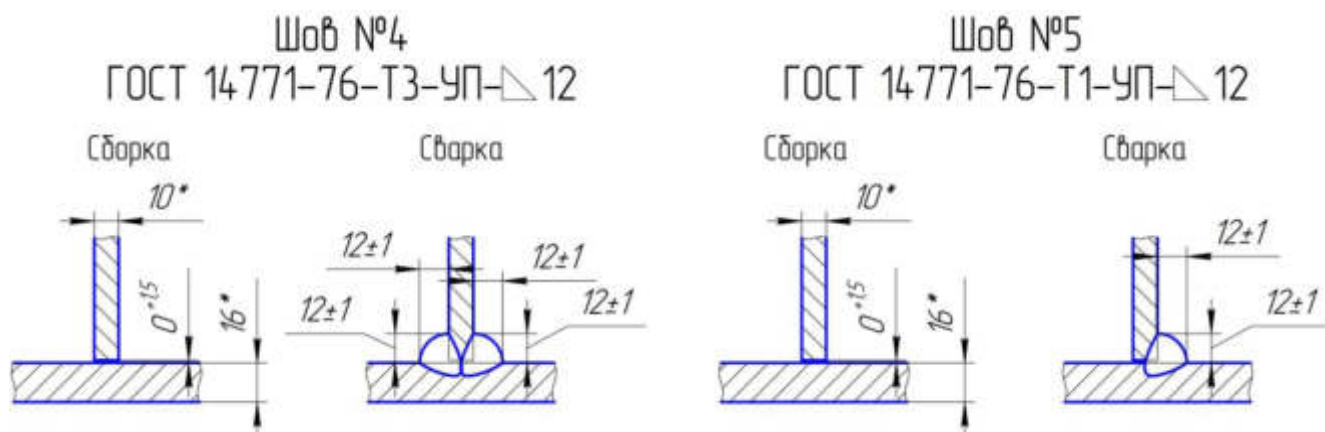


Рисунок 2.23 – Сварные швы №4, №5 в базовом варианте

В предлагаемом варианте технологии рассматривается возможность замены конфигурации швов. Для сварки ребер внутренних (деталь 5) конфигурация шва №4 остается прежней. Изменение конфигурации будет произведено для шва №4 приварки листа наружного к боковинам, шва №5 приварки листа внутреннего к боковинам.

Предлагаемые варианты конфигурации швов №4 и №5 показаны на рисунке 2.24.

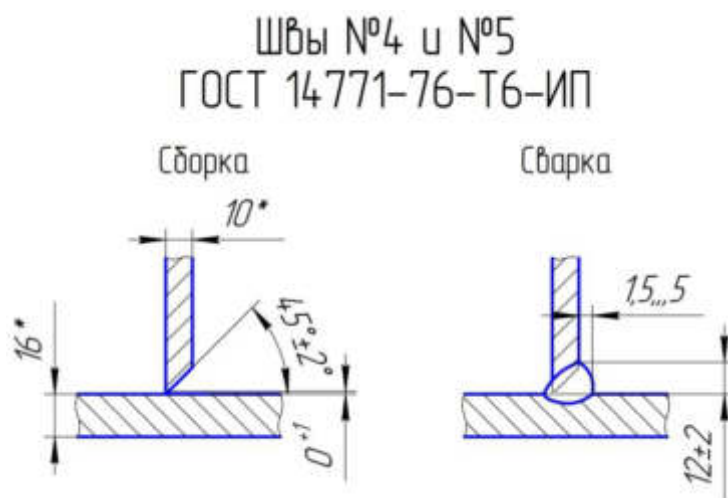


Рисунок 2.24 – Предлагаемые варианты конфигурации швов №4 и №5

В основном чертеже шов №4 приварки листа наружного к боковинам будет иметь порядковый №5.

Для автоматизации операций по повороту Гуська для сварки швов предлагается применить сварочный вращатель, который обеспечит требуемое и удобное положение при сварке.

Для повышения производительности при сварке роботизированным

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

комплексом возможно увеличение диаметра электродной проволоки.

Для уменьшения образования брызг при сварке предлагается применить вместо чистой углекислоты (CO₂) газовую смесь марки M21 ((75...85)%Ar + (15...25)%CO₂), производимую по [11]. Также для уменьшения образования брызг предлагается применить в составе источника питания импульсный процесс.

2.3 Выбор способа сварки

Для повышения производительности при изготовлении Гуська предлагается рассмотреть возможные способы сварки.

В настоящее время, наиболее массовыми способами изготовления конструкций являются:

- сварка в среде защитных газов;
- сварка под слоем флюса.

Преимуществами сварки под слоем флюса являются:

- более высокая производительность по сравнению со сваркой в защитных газах;
- стабильное качество сварного шва за счет более совершенной защиты сварочной ванны;
- относительно небольшой расход сварочной проволоки и электроэнергии;
- качественные условия труда.

Повышенная производительность при сварке под слоем флюса обеспечивается за счет использования более высоких значений силы сварочного тока, а, следовательно, более высокой плотности тока. Это становится возможным благодаря наличию плотного слоя флюса, который защищает сварочную ванну и позволяет уменьшить потери на угар и разбрызгивание до величины 1...3 %.

Основными недостатками при сварке под слоем флюса являются:

- обеспечение высокой точности сборки деталей;
- нерационально использовать при сварке малых толщин соединяемых элементов;

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- стабильность процесса обеспечена только в нижнем положении;
- большое тепловложение в свариваемое изделие, что приводит к появлению больших деформаций, а, следовательно, к дальнейшей термоправке.

Сварка в среде защитных газов обладает меньшей производительностью, по сравнению со сваркой под слоем флюса. Однако, применяется в промышленности довольно широко. Производительность сварки возможно повысить путем механизации и автоматизации процесса. Улучшение защиты сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха достигается путем применения не однокомпонентного защитного газа, а смеси газов: углекислота с аргоном, углекислота с аргоном и кислородом, углекислота с гелием, гелий с аргоном. Различные сочетания предназначены для различных условий работы и зависят также от стоимости составляющих компонентов.

Достоинствами сварки в среде защитных газов являются:

- возможность выполнения сварки в любом пространственном положении;
- высокая производительность, по сравнению с ручной сваркой;
- лучшие условия труда, по сравнению с ручной сваркой;
- простота оборудования.

При изготовлении гуська конструкция изделия затрудняет применение сварки под слоем флюса. Следовательно, наиболее приемлемым способом сварки является сварка в среде защитных газов.

При этом потребуются автоматизировать процесс сварки.

2.4 Расчет режимов сварки

Расчет режимов сварки проводится из учета того, что изменяется процесс автоматизации технологии. Изменяется диаметр сварочной проволоки, следовательно, изменяются режимы сварки.

Для того, чтобы уменьшить тепловложение в конструкцию гуська примем, что сварка проводится постоянным током прямой полярности.

Примем, что сварка автоматическая проволокой Св-08Г2С диаметром 1.6 мм.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Расход газа составляет 15...18 л/мин. Вылет проволоки примем равным 20 мм.

2.4.1 Расчет режимов сварки шва №1

Шов №1 показан на рисунке 2.25.

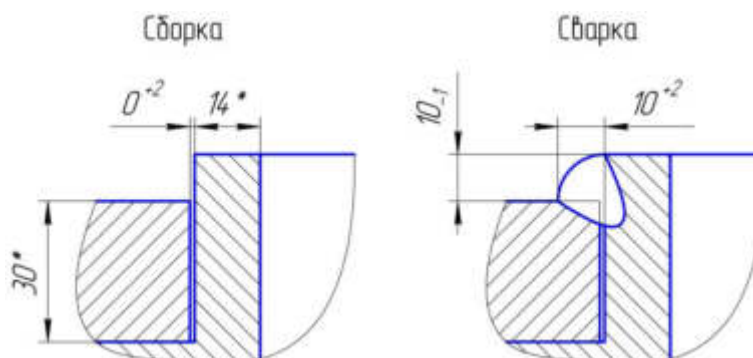


Рисунок 2.25 – Шов №1

Шов №1 является стандартным [4], тип шва Т1, катет шва 10 мм.

Рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва по формуле (2.1) из [12]:

$$F_H = \frac{K^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (2.1)$$

где $K = 10$ – величина катета, мм.

Сварку шва будем производить за один проход. Примем, что сила тока составляет 350 А.

Рассчитаем плотность сварочного тока (j) по формуле (2.2) из [13]:

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 1,6^2} = 174,2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (2.2)$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм и углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге (U_d) по формуле (2.3) из [13]:

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1, \text{ В}, \quad (2.3)$$

где $d_{\text{Э}} = 1,6$ – диаметр электродной проволоки, мм;

$I_{\text{СВ}} = 400$ – сила сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (2.3) получим, что

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 350 \pm 1 \approx 33,8 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки ($V_{\text{СВ}}$) по формуле (2.4) из [13]:

$$V_{\text{СВ}} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_{\text{Н}}(1-\psi_{\text{П}})} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.4)$$

где $V_{\text{ПОД}}$ – скорость подачи электродной проволоки, см/с;

$F_{\text{Н}} = 0,5$ – требуемая площадь наплавленного металла, см²;

$F_{\text{Э}} = 0,02$ – площадь сечения электрода, см²;

$\psi_{\text{П}}$ – коэффициент потерь, %.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки ($V_{\text{ПОД}}$) по формуле (2.5) из [13]:

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_{\text{Р}} I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.5)$$

где $\alpha_{\text{Р}}$ – коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,002$ – площадь сечения электродной проволоки, см²;

$\gamma = 7,8$ – плотность металла, г/см³.

Рассчитаем коэффициент расплавления ($\alpha_{\text{Р}}$) по формуле (2.6) из [13]:

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p, \quad (2.6)$$

где α'_p – составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

$\Delta\alpha_p$ – составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

Рассчитаем составляющую α'_p , при сварке в среде защитных газов на постоянном токе прямой полярности по формуле (2.7) из [13]:

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 350}{1,6^{1,035}} = 21,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}. \quad (2.7)$$

Рассчитаем составляющую ($\Delta\alpha_p$) по формуле (2.8) из [13]:

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{\text{III}}}{q_{\text{Э}} I_{CB}}, \quad (2.8)$$

где Q_{III} – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;

$q_{\text{Э}} = 325$ – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки, кал/г.

Рассчитаем количество теплоты (Q_{III}) по формуле (2.9) из [13]:

$$Q_{\text{III}} = 0,1884 j^2 \rho_0 d_{\text{Э}}^2 \left(\frac{V_{\text{Э}}}{\alpha \beta} (e^{-p_2 l} - 1) - \frac{\alpha (T_{\text{III}} - T_0)}{p_1} \right), \quad (2.9)$$

где $j = 17420$ – плотность тока в электроде, А/см²;

$\rho_0 = 0,000014$ – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов, Ом/см;

$d_{\text{Э}} = 0,16$ – диаметр электродной проволоки, см;

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$V_{\text{Э}}$ – условная скорость подачи электрода, см/с;

$a = 0,08$ – коэффициент температуропроводности, см²/с;

$\alpha = 0,0083$ – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры, °С⁻¹;

β – коэффициент, ед;

$l = 2$ – вылет электродной проволоки, см;

$T_{\text{пл}} = 1500$ – температура плавления проволоки, °С;

$T_0 = 20$ – начальная температура проволоки, °С;

p_1 и p_2 – коэффициенты, ед.

Рассчитаем коэффициент (β) по формуле (2.10) из [13]:

$$\beta = \frac{0,24j^2 \rho_0}{a \gamma} = \frac{0,24 \cdot 12740^2 \cdot 0,000014}{0,08 \cdot 1,25} = 10196,1 \text{ ед.} \quad (2.10)$$

где $\gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³.

Рассчитаем условную скорость подачи проволоки ($V_{\text{Э}}$) по формуле (2.11) из [14]:

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 21,4 \cdot 350}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 13,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (2.11)$$

Рассчитаем коэффициенты (p_1) и (p_2) по формуле (2.12) из [13]:

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{13,3}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{13,3^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 10196,1} = -165,7 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{13,3}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{13,3^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 10196,1} = -0,5 \text{ ед.} \end{cases} \quad (2.12)$$

Тогда, по формуле (2.9) получим, что

$$Q_{III} = 0,1884 \cdot 17420^2 \cdot 0,000014 \cdot 0,16^2 \cdot \left(\frac{13,3}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 10196,1} (e^{-0,5 \cdot 2} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-165,7} \right) = 69,2 \text{ кал.}$$

Следовательно, по формуле (2.8)

$$\Delta \alpha_p = \frac{3600 \cdot 69,2}{325 \cdot 350} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Тогда, по формуле (2.6) получим, что

$$\alpha_p = 21,4 + 2,2 = 23,6 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Следовательно, по формуле (2.5) получим, что скорость подачи ($V_{\text{ПОД}}$)

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{23,6 \cdot 350}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 14,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем коэффициент потерь ($\psi_{\text{П}}$) по формуле (2.13) из [13]:

$$\psi_{\text{П}} = 0,176j - 0,000448j^2 - 4,72, \% \quad (2.13)$$

где $j = 174,2$ – плотность сварочного тока, А/мм².

Тогда, по формуле (2.13) получим, что коэффициент потерь ($\psi_{\text{П}}$)

$$\psi_{\text{П}} = 0,176 \cdot 174,2 - 0,000448 \cdot 174,2^2 - 4,72 = 12,3 \text{ \%}.$$

Тогда, по формуле (2.4) получим, что скорость сварки ($V_{\text{СВ}}$)

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$V_{CB} = \frac{14,6}{0,5 \cdot (1 - 0,123)} \cdot 0,02 = 0,51 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем погонную энергию по формуле (2.14) из [13]:

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (2.14)$$

где $\eta = 0,85$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Тогда, по формуле (2.14) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 33,8 \cdot 350 \cdot 0,85}{0,51} = 4732 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения металла (ω) для углового типа шва по формуле (2.15) из [13]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}, \quad (2.15)$$

где $\bar{\omega}$ – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$ – коэффициент теплопроводности, кал·с/см °С;

$T_M = 500$ – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С;

$T_0 = 20$ – начальная температура изделия, °С;

$k_1 = 2/3$ – коэффициент приведения для углового типа шва, ед.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16) из [13]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)}, \quad (2.16)$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

где $c\gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³°C;

$k_2 = 1$ – коэффициент приведения для углового типа шва, ед.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4732}{3 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,4.$$

При значении безразмерного критерия 0,4 величина $\bar{\omega} = 1$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 4732} = 42,5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °C/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 230 °C.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4732}{3 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 230)} = 0,7.$$

При значении безразмерного критерия 0,7 величина $\bar{\omega} = 0,92$.

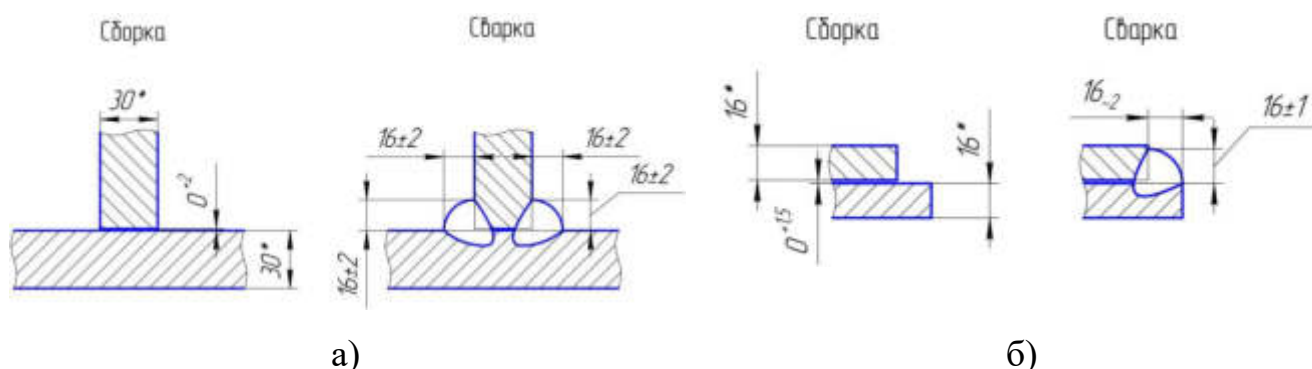
По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,92 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 230)^2}{2 \cdot 4732} = 13,4 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

2.4.2 Расчет режимов сварки швов №2 и №6

Швы №2 и №6 показаны на рисунке 2.26.



а) – Шов №2; б) – Шов №6

Рисунок 2.26 – Швы №2 и №6

Шов №2 является стандартным и выполняется согласно [4], тип шва ТЗ, катет шва 16 мм.

Шов №6 является стандартным и выполняется согласно [4], тип шва Н1, катет шва 16 мм.

Рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва по формуле (2.1):

$$F_H = \frac{K^2}{2} = \frac{16^2}{2} = 128 \text{ мм}^2.$$

где $K = 16$ – величина катета, мм.

Сварку шва будем производить за три прохода, так как соединение сваривается в положении «симметричная лодочка».

Примем, что площадь поперечного сечения первого прохода составляет $0,35 \text{ см}^2 = 35 \text{ мм}^2$, площадь последующих проходов составляет $0,465 \text{ см}^2 = 46,5 \text{ мм}^2$.

Рассчитаем режимы сварки шва при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 350 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 1,6^2} = 174,2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 350 \pm 1 = 33,8 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.6):

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 350}{1,6^{1,035}} = 21,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.10):

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_{\text{р}} I_{CB}}{3600\pi \gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 21,4 \cdot 350}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 13,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 10196,1$ ед;

– коэффициент $p_1 = -165,7$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 69,2$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.7):

$$\Delta\alpha_{\text{р}} = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 69,2}{325 \cdot 350} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

– коэффициент расплавления по формуле (2.6):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 21,4 + 2,2 = 23,6 \frac{\Gamma}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭГ}}} = \frac{23,6 \cdot 350}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 14,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\Pi} = 0,176 \cdot 174,2 - 0,000448 \cdot 174,2^2 - 4,72 = 12,3 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{14,6}{0,35 \cdot (1 - 0,123)} \cdot 0,0314 = 0,74 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.13):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 33,8 \cdot 350 \cdot 0,85}{0,74} = 3261,2 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем скорость охлаждения металла при первом проходе при сварке шва №2.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,3.$$

При значении безразмерного критерия 0,3 величина $\bar{\omega} = 1$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 3261,2} = 66,6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 280 °С.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 280)} = 0,6.$$

При значении безразмерного критерия 0,6 величина $\bar{\omega} = 0,97$.

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,97 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 280)^2}{2 \cdot 3261,2} = 13,6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем скорость охлаждения металла при первом проходе при сварке шва №6.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,9.$$

При значении безразмерного критерия 0,9 величина $\bar{\omega} = 0,75$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,75 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 3261,2} = 49,9 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 200 °С.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 200)} = 1,4.$$

При значении безразмерного критерия 1,4 величина $\bar{\omega} = 0,53$.

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,53 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 200)^2}{2 \cdot 3261,2} = 13,8 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем режимы сварки шва №2 при последующих проходах. Площадь поперечного сечения прохода составляет $46,5 \text{ мм}^2 = 0,465 \text{ см}^2$.

Примем, что сила сварочного тока составляет 400 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 400}{3,14 \cdot 1,6^2} = 199 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм². Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\Xi}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 400 \pm 1 = 35,8 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\Xi}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 400}{1,6^{1,035}} = 23,6 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

$$V_{\Xi} = \frac{4\alpha'_{\text{р}} I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 23,6 \cdot 400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 16,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 13305,9$ ед;

– коэффициент $p_1 = -208,2$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 86,9$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.8):

$$\Delta\alpha_{\text{р}} = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\Xi} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 86,9}{325 \cdot 400} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

– коэффициент расплавления по формуле (2.7):

$$\alpha_p = \alpha_p' + \Delta\alpha_p = 23,6 + 2,4 = 26 \frac{\Gamma}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭГ}}} = \frac{26 \cdot 400}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 18,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\Pi} = 0,176 \cdot 199 - 0,000448 \cdot 199^2 - 4,72 = 12,6 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{18,4}{0,465 \cdot (1 - 0,126)} \cdot 0,02 = 0,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 35,8 \cdot 400 \cdot 0,85}{0,7} = 4173,3 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения при сварке последующих проходов для шва №2 по формуле (2.17) из [13]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{q_{\text{ПОГ}}}, \frac{\text{°С}}{\text{с}}, \quad (2.17)$$

где $\bar{\omega}$ – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$ – коэффициент теплопроводности, кал/см с °С;

$T_M = 500$ – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С;

$T_O = 160$ – температура Гуська перед сваркой, °С.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который рассчитывается по формуле (2.18) из [13]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_M - T_O)} = \frac{2 \cdot 4173,3}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 160)} = 0,7. \quad (2.18)$$

При значении безразмерного критерия 0,7 критерий $\bar{\omega} = 0,94$.

Тогда, по формуле (2.17) получим, что мгновенная скорость охлаждения составляет

$$\omega = 0,94 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 160)^2}{4173,3} = 26,8 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения не соответствует требуемым для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 240 °С.

Тогда, по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_M - T_O)} = \frac{2 \cdot 4173,3}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 240)} = 0,9.$$

При значении безразмерного критерия 0,9 критерий $\bar{\omega} = 0,84$.

Тогда, по формуле (2.17) получим, что

$$\omega = 0,84 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 240)^2}{4173,3} = 14 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

Рассчитаем безразмерный критерий при сварке шва №6 по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 4173,3}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 160)} = 2,4.$$

При значении безразмерного критерия 2,4 критерий $\bar{\omega} = 0,27$.

Тогда, по формуле (2.17) получим, что мгновенная скорость охлаждения составляет

$$\omega = 0,27 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 160)^2}{4173,3} = 7,7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

2.4.3 Расчет режимов сварки швов №3, №7, №9

Шов №3 показан на рисунке 2.27.

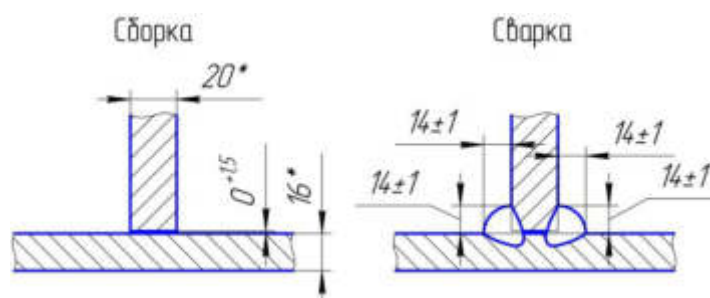


Рисунок 2.27 – Шов №3

Шов №3 является стандартным и выполняется согласно [4], тип шва ТЗ, катет шва 14 мм.

Шов №7 показан на рисунке 2.28.

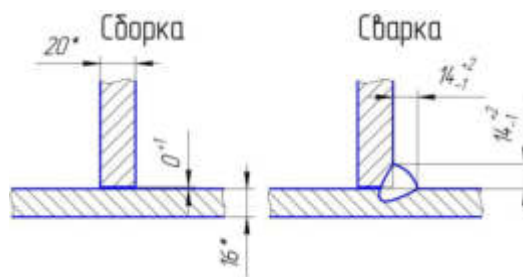


Рисунок 2.28 – Шов №7

Шов №7 является стандартным и выполняется согласно [4], тип шва Т1, катет шва 14 мм.

Шов №9 показан на рисунке 2.29.

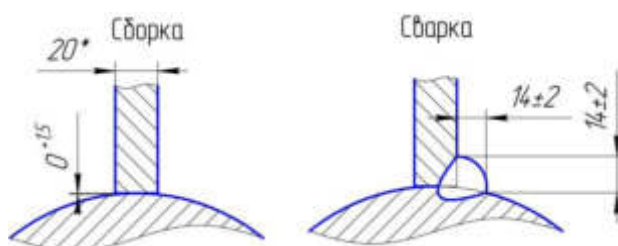


Рисунок 2.29 – Шов №9

Шов №9 является нестандартным. При этом, его конфигурация аналогична шву Т1 [4].

Рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва по формуле (2.1):

$$F_H = \frac{K^2}{2} = \frac{14^2}{2} = 98 \text{ мм}^2.$$

где $K = 14$ – величина катета, мм.

Сварку шва будем производить за два прохода, так как соединение сваривается в положении «симметричная лодочка».

Примем, что площадь поперечного сечения первого прохода составляет $0,4 \text{ см}^2 = 40 \text{ мм}^2$, площадь последующих проходов составляет $0,58 \text{ см}^2 = 58 \text{ мм}^2$.

Рассчитаем режимы сварки шва при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 400 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 400}{3,14 \cdot 1,6^2} = 199 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 400 \pm 1 = 35,8 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.6):

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 400}{1,6^{1,035}} = 23,6 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.10):

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_{\text{р}} I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 23,6 \cdot 400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 16,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 13305,9$ ед;

– коэффициент $p_1 = -208,2$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 86,9$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.7):

$$\Delta\alpha_{\text{р}} = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 86,9}{325 \cdot 400} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

– коэффициент расплавления по формуле (2.6):

$$\alpha_p = \alpha_p' + \Delta\alpha_p = 23,6 + 2,4 = 26 \frac{\Gamma}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭГ}}} = \frac{26 \cdot 400}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 18,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\Pi} = 0,176 \cdot 199 - 0,000448 \cdot 199^2 - 4,72 = 12,6 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{18,6}{0,4 \cdot (1 - 0,126)} \cdot 0,02 = 0,81 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.13):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 35,8 \cdot 400 \cdot 0,85}{0,81} = 3606,5 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_{\text{М}} - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3606,5}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,6.$$

При значении безразмерного критерия 0,6 величина $\bar{\omega}=0,97$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega=0,97 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500-20)^2}{2 \cdot 3606,5} = 58,4 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 220 °С.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3606,5}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 220)} = 1,1.$$

При значении безразмерного критерия 1,1 величина $\bar{\omega}=0,72$.

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega=0,72 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500-220)^2}{2 \cdot 3606,5} = 14,7 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем режимы сварки при втором проходе. Площадь поперечного сечения прохода составляет $58 \text{ мм}^2 = 0,58 \text{ см}^2$.

Примем, что сила сварочного тока составляет 420 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 420}{3,14 \cdot 1,6^2} = 209 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 420 \pm 1 = 36,6 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{\text{СВ}}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 420}{1,6^{1,035}} = 24,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_p I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 24,4 \cdot 420}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 18,2 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 14676,8$ ед;

– коэффициент $p_1 = -227$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 94,7$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.8):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{\text{СВ}}} = \frac{3600 \cdot 94,7}{325 \cdot 420} = 2,5 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.7):

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\alpha_p = \alpha_p' + \Delta\alpha_p = 24,4 + 2,5 = 26,9 \frac{\Gamma}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭГ}}} = \frac{26,9 \cdot 420}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\Pi} = 0,176 \cdot 209 - 0,000448 \cdot 209^2 - 4,72 = 12,5 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{20}{0,58 \cdot (1 - 0,125)} \cdot 0,02 = 0,61 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 36,6 \cdot 420 \cdot 0,85}{0,61} = 5140,8 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем безразмерный критерий при сварке по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi \delta^2 c \gamma (T_{\text{М}} - T_{\text{О}})} = \frac{2 \cdot 5140,8}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 160)} = 1,9.$$

При значении безразмерного критерия 1,9 критерий $\bar{\omega} = 0,4$.

Тогда, по формуле (2.17) получим, что мгновенная скорость охлаждения составляет

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\omega = 0,4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-160)^2}{5140,8} = 11,4 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

2.4.4 Расчет режимов сварки шва №4

Шов №4 показан на рисунке 2.30.

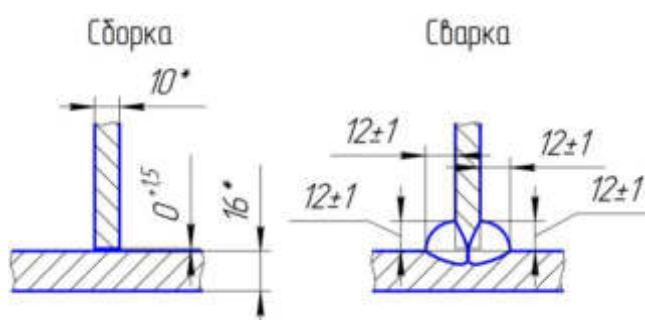


Рисунок 2.30 – Шов №4

Шов №4 является стандартным [4], тип шва ТЗ, катет шва 12 мм.

Рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва по формуле (2.1):

$$F_H = \frac{K^2}{2} = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ мм}^2.$$

где $K = 12$ – величина катета, мм.

Сварку шва будем производить за два прохода, так как соединение сваривается в положении «симметричная лодочка».

Примем, что площадь поперечного сечения первого прохода составляет $0,35 \text{ см}^2 = 35 \text{ мм}^2$, площадь второго прохода составляет $0,37 \text{ см}^2 = 37 \text{ мм}^2$.

Рассчитаем режимы сварки шва при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 350 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 1,6^2} = 174,2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\Xi}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 350 \pm 1 = 33,8 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.6):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\Xi}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 350}{1,6^{1,035}} = 21,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.10):

$$V_{\Xi} = \frac{4\alpha'_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 21,4 \cdot 350}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 13,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 10196,1$ ед;

– коэффициент $p_1 = -165,7$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 69,2$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.7):

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{III}}{q_{\text{Э}}I_{\text{СВ}}} = \frac{3600 \cdot 69,2}{325 \cdot 350} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.6):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 21,4 + 2,2 = 23,6 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{Э}} \gamma} = \frac{23,6 \cdot 350}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 14,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{II} = 0,176 \cdot 174,2 - 0,000448 \cdot 174,2^2 - 4,72 = 12,3 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{14,6}{0,35 \cdot (1 - 0,123)} \cdot 0,0314 = 0,74 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.13):

$$q_{II} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 33,8 \cdot 350 \cdot 0,85}{0,74} = 3261,2 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем скорость охлаждения металла при первом проходе.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16)

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,9.$$

При значении безразмерного критерия 0,9 величина $\bar{\omega} = 0,84$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,84 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 3261,2} = 55,9 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 200 °С.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3261,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 200)} = 1,4.$$

При значении безразмерного критерия 1,4 величина $\bar{\omega} = 0,53$.

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,53 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 200)^2}{2 \cdot 3261,2} = 13,8 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем режимы сварки при втором проходе. Площадь поперечного сечения прохода составляет $37 \text{ мм}^2 = 0,37 \text{ см}^2$.

Примем, что сила сварочного тока составляет 370 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\Theta}^2} = \frac{4 \cdot 370}{3,14 \cdot 1,6^2} = 184,1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\Theta}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 370 \pm 1 = 34,6 \pm 1 \text{ В.}$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\Theta}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 370}{1,6^{1,035}} = 22,3 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

$$V_{\Theta} = \frac{4\alpha'_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\Theta}^2} = \frac{4 \cdot 22,3 \cdot 370}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 14,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 11388$ ед;

– коэффициент $p_1 = -182$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{ПП} = 76$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.8):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{ПП}}{q_{\Theta} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 76}{325 \cdot 370} = 2,3 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

– коэффициент расплавления по формуле (2.7):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 22,3 + 2,3 = 24,6 \frac{\Gamma}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭГ}}} = \frac{24,6 \cdot 370}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 16,1 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\Pi} = 0,176 \cdot 184,1 - 0,000448 \cdot 184,1^2 - 4,72 = 12,5 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{16,1}{0,37 \cdot (1 - 0,125)} \cdot 0,02 = 0,77 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 34,6 \cdot 370 \cdot 0,85}{0,77} = 3391,7 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем безразмерный критерий при сварке по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi \delta^2 c \gamma (T_{\text{М}} - T_{\text{О}})} = \frac{2 \cdot 3391,7}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 160)} = 2.$$

При значении безразмерного критерия 2 критерий $\bar{\omega} = 0,33$.

Тогда, по формуле (2.17) получим, что мгновенная скорость охлаждения составляет

$$\omega = 0,33 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-160)^2}{3391,7} = 9,4 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

2.4.5 Расчет режимов сварки шва №5

Шов №5 показан на рисунке 2.31.

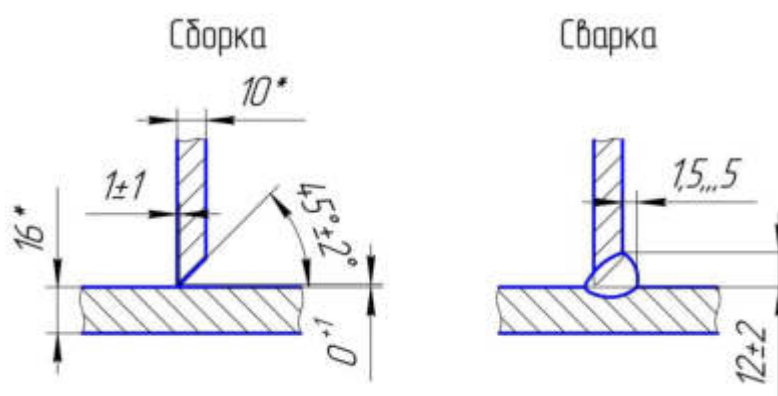


Рисунок 2.31 – Шов №5

Шов №5 является стандартным [4], тип шва Гб.

Рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла шва №5 по формуле (2.19) из [14]:

$$F_H = Sp + \frac{(S-c)^2}{2} \operatorname{tg}\alpha + 0,73Bg, \quad (2.19)$$

где $S = 10$ – толщина стенки таврового соединения, мм;

$p = 1$ – величина зазора, мм;

$c = 2$ – величина притупления, мм;

$\alpha = 45$ – угол разделки кромок, мм;

$B = 12$ – ширина шва, мм;

$g = 3$ – высота валика сварного шва, мм.

Тогда, по формуле (2.19) получим, что

$$F_H = 10 \cdot 1 + \frac{(10-2)^2}{2} \operatorname{tg} 45 + 0,73 \cdot 12 \cdot 3 = 69 \text{ мм}^2 = 0,69 \text{ см}^2.$$

Примем, что площадь поперечного сечения первого прохода $32 \text{ мм}^2 = 0,32 \text{ см}^2$,
площадь поперечного сечения второго прохода $37 \text{ мм}^2 = 0,37 \text{ см}^2$.

Рассчитаем режимы сварки шва №5 при первом проходе.

Примем, что сила сварочного тока составляет 250 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 1,6^2} = 124,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...150 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 250 \pm 1 = 29,9 \pm 1 \text{ В}.$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 250}{1,6^{1,035}} = 17,1 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

									Лист
									78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_p I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 17,1 \cdot 250}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 7,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 5199,7$ ед;

– коэффициент $p_1 = -94,5$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 39,7$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.7):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{\text{СВ}}} = \frac{3600 \cdot 39,7}{325 \cdot 250} = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.6):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 17,1 + 1,8 = 18,9 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600F_{\text{Э}}\gamma} = \frac{18,9 \cdot 250}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 8,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\text{П}} = 0,176 \cdot 124,4 - 0,000448 \cdot 124,4^2 - 4,72 = 10,2 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{8,4}{0,32 \cdot (1 - 0,102)} \cdot 0,02 = 0,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;
- погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 29,9 \cdot 250 \cdot 0,85}{0,5} = 3049,8 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем глубину провара при условии отсутствия разделки кромок и зазора по формуле (2.20) из [13]:

$$h = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\Psi_{\text{ПР}}}}, \quad (2.20)$$

где q_{Π} – величина погонной энергии, кал/см;

$\Psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент формы провара, ед.

Рассчитаем коэффициент формы шва по формуле (2.21) из [13]:

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad (2.21)$$

где $k' = 1,12$ – коэффициент, зависящий от плотности и полярности тока (при плотности тока $j > 120$ А/мм², ед.

Тогда, по формуле (2.21) получим, что

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{1,12 \cdot (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot 1,6 \cdot 29,9}{250} = 3,5 \text{ ед.}$$

Тогда, по формуле (2.20) глубина провара составляет

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{3049,8}{3,5}} = 0,49 \text{ см.}$$

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

Рассчитаем ширину шва по формуле (2.22) из [13]:

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 3,5 \cdot 0,49 = 1,72 \text{ см.} \quad (2.22)$$

Рассчитаем высоту валика по формуле (2.23) из [13]:

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,32}{0,73 \cdot 1,72} = 0,24 \text{ см.} \quad (2.23)$$

Рассчитаем общую высоту шва по формуле (2.24) из [13]:

$$D = h + C = 4,9 + 2,4 = 7,3 \text{ мм.} \quad (2.24)$$

Проведем расчет размеров шва для случая наличия зазора и разделки.

Высота шва при наличии разделки кромок и зазора при многопроходной сварке определяется по формуле (2.25) из [13]:

$$C_2 = \sqrt{\frac{F_H - D_p}{\text{tg} \alpha}} = \frac{\sqrt{0,32 - 0,73 \cdot 0,1}}{1} = 4,8 \text{ мм} = 0,48 \text{ см.} \quad (2.25)$$

Рассчитаем полученную глубину проплавления по формуле (2.26) из [13]:

$$H_2 = D - C_2 = 7,3 - 4,8 = 2,5 \text{ мм.} \quad (2.26)$$

Полученное значение глубины проплавления соответствует требованиям.

Рассчитаем коэффициенты k_1 и k_2 по формуле (2.27) из [13]:

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180^\circ}{180^\circ - 45^\circ} = 1,33. \quad (2.27)$$

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1,33 \cdot 3049,8}{3,14 \cdot (1 \cdot 1,33)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 2,2.$$

При значении безразмерного критерия 2,2 величина $\bar{\omega} = 0,3$.

Тогда, по формуле (2.14) получим, что

$$\omega = 0,3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{1,33 \cdot 3049,8} = 21,4 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения не соответствует требованиям, следовательно, требуется применить при сварке предварительный подогрев до температуры 80°C. Тогда:

– безразмерный критерий ($1/\theta$) по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1,33 \cdot 3049,8}{3,14 \cdot (1 \cdot 1,33)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 80)} = 2,5.$$

При значении безразмерного критерия 2,5 величина $\bar{\omega}$ определяется по формуле (2.28) из [13]:

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 2,5} = 0,25. \quad (2.28)$$

Тогда, по формуле (2.14) получим, что

$$\omega = 0,25 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 80)^2}{1,33 \cdot 3049,8} = 13,6 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям,

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					82

следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем режимы сварки при втором проходе. Площадь поперечного сечения прохода составляет $37 \text{ мм}^2 = 0,37 \text{ см}^2$.

Примем, что сила сварочного тока составляет 280 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 280}{3,14 \cdot 1,6^2} = 139,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 280 \pm 1 = 31,1 \pm 1 \text{ В}.$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{\text{СВ}}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 280}{1,6^{1,035}} = 18,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_{\text{р}} I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 18,4 \cdot 280}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 9,1 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 6519,9$ ед;

– коэффициент $p_1 = -113,3$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{III} = 47,4$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.8):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{III}}{q_{\text{э}}I_{\text{СВ}}} = \frac{3600 \cdot 47,4}{325 \cdot 280} = 1,9 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.7):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 18,4 + 1,9 = 20,3 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{э}} \gamma} = \frac{20,3 \cdot 280}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 10,1 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{II} = 0,176 \cdot 139,3 - 0,000448 \cdot 139,3^2 - 4,72 = 11,1 \text{ \%}.$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{\text{СВ}} = \frac{10,1}{0,37 \cdot (1 - 0,111)} \cdot 0,02 = 0,49 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24U_{\text{Д}}I_{\text{СВ}}\eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 31,1 \cdot 280 \cdot 0,85}{0,49} = 3625,4 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем безразмерный критерий при сварке по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_{\text{М}} - T_{\text{О}})} = \frac{2 \cdot 3625,4}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 160)} = 5,4.$$

При значении безразмерного критерия 5,4 критерий $\bar{\omega}$ определяется по формуле (2.28)

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 5,4} = 0,12.$$

Тогда, по формуле (2.17) получим, что мгновенная скорость охлаждения составляет

$$\omega = 0,12 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 160)^2}{3625,4} = 3,4 \frac{^{\circ}\text{С}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

2.4.6 Расчет режимов сварки шва №8

Шов №8 показан на рисунке 2.31.

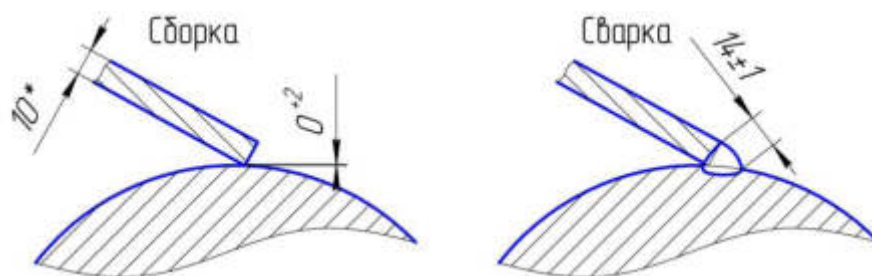


Рисунок 2.31 – Шов №8

Шов №8 является нестандартным.

Площадь поперечного сечения шва составляет $70 \text{ мм}^2 = 0,7 \text{ см}^2$.

Сварку шва будем производить за два прохода.

Примем, что площадь поперечного сечения первого прохода составляет $0,3 \text{ см}^2 = 30 \text{ мм}^2$, площадь второго прохода составляет $0,4 \text{ см}^2 = 40 \text{ мм}^2$.

Рассчитаем режимы сварки шва при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 350 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 1,6^2} = 174,2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 350 \pm 1 = 33,8 \pm 1 \text{ В}.$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.6):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\Xi}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 350}{1,6^{1,035}} = 21,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.10):

$$V_{\Xi} = \frac{4\alpha'_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 21,4 \cdot 350}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 13,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 10196,1$ ед;

– коэффициент $p_1 = -165,7$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{III} = 69,2$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.7):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{III}}{q_{\Xi} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 69,2}{325 \cdot 350} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.6):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 21,4 + 2,2 = 23,6 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{CB}}{3600 F_{\Xi} \gamma} = \frac{23,6 \cdot 350}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 14,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

$$\psi_{\Pi}=0,176 \cdot 174,2 - 0,000448 \cdot 174,2^2 - 4,72 = 12,3 \%$$

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{CB} = \frac{14,6}{0,3 \cdot (1 - 0,123)} \cdot 0,02 = 0,85 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.13):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{д}} I_{\text{CB}} \eta}{V_{\text{CB}}} = \frac{0,24 \cdot 33,8 \cdot 350 \cdot 0,85}{0,85} = 2839,2 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Рассчитаем скорость охлаждения металла при первом проходе.

Безразмерный критерий процесса ($\bar{\omega}$) зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (2.16)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2839,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 2.$$

При значении безразмерного критерия 2 критерий $\bar{\omega} = 0,33$.

Тогда, по формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,33 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 2839,2} = 25,2 \frac{\text{°C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения превышает максимальное для стали 09Г2С (1...15 °С/с), поэтому, при сварке требуется применить предварительный подогрев до температуры 100 °С.

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2839,2}{3 \cdot 3,14 \cdot (1 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 100)} = 2,4.$$

При значении безразмерного критерия 2,4 величина $\bar{\omega} = 0,27$.

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,27 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 100)^2}{2 \cdot 2839,2} = 14,3 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение скорости охлаждения соответствует требованиям, следовательно, параметры режима сварки рассчитаны правильно.

Рассчитаем режимы сварки при втором проходе. Площадь поперечного сечения прохода составляет $40 \text{ мм}^2 = 0,4 \text{ см}^2$.

Примем, что сила сварочного тока составляет 400 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность тока по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 400}{3,14 \cdot 1,6^2} = 199 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Интервал плотностей тока для проволоки диаметром 1,6 мм для углового типа шва составляет 60...210 А/мм² [13]. Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

– напряжение на дуге по формуле (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 400 \pm 1 = 35,8 \pm 1 \text{ В}.$$

– составляющая, обусловленная тепловложением дуги по формуле (2.7):

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 400}{1,6^{1,035}} = 23,6 \frac{\text{Г}}{\text{Ач}}.$$

– условная скорость подачи проволоки по формуле (2.11):

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha'_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 23,6 \cdot 400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 0,16^2} = 16,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент $\beta = 13305,9$ ед;

– коэффициент $p_1 = -208,2$ ед, $p_2 = -0,5$ ед;

– количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{III}} = 86,9$ кал;

– составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током по формуле (2.8):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{\text{III}}}{q_{\text{Э}} I_{CB}} = \frac{3600 \cdot 86,9}{325 \cdot 400} = 2,4 \frac{\text{Г}}{\text{Ач}}.$$

– коэффициент расплавления по формуле (2.7):

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 23,6 + 2,4 = 26 \frac{\text{Г}}{\text{Ач}}.$$

– скорость подачи проволоки по формуле (2.5):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{CB}}{3600 F_{\text{Э}} \gamma} = \frac{26 \cdot 400}{3600 \cdot 0,02 \cdot 7,8} = 18,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– коэффициент потерь по формуле (2.13)

$$\psi_{\text{II}} = 0,176 \cdot 199 - 0,000448 \cdot 199^2 - 4,72 = 12,6 \text{ \%}.$$

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– скорость сварки по формуле (2.4):

$$V_{CB} = \frac{18,4}{0,4 \cdot (1 - 0,126)} \cdot 0,02 = 0,8 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– эффективный КПД нагрева изделия дугой $\eta = 0,85$ ед;

– погонная энергия по формуле (2.14):

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 U_{\text{д}} I_{\text{CB}} \eta}{V_{\text{CB}}} = \frac{0,24 \cdot 35,8 \cdot 400 \cdot 0,85}{0,8} = 3651,6 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем безразмерный критерий при сварке по формуле (2.18)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 q_{\text{ПОГ}}}{\pi \delta^2 c \gamma (T_M - T_O)} = \frac{2 \cdot 3651,6}{3,14 \cdot 1^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 5,5.$$

При значении безразмерного критерия 5,5 величина $(\bar{\omega})$ определяется по формуле (2.28):

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1 / \theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 5,5} = 0,12.$$

По формуле (2.15) получим, что

$$\omega = 0,12 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 160)^2}{2 \cdot 3651,6} = 3,4 \frac{\text{°C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения соответствует требуемой для стали 09Г2С.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

2.5 Выбор сборочного и сварочного оборудования

2.5.1 Описание сборочной установки

В существующем варианте технологии изготовления для автоматизации позиционирования деталей при сварке предлагается применить следующие виды оснастки:

- сварочный позиционер для сборки и сварки узла, состоящего из плиты, проушин, втулок малых, втулок, ребер жесткости;
- сварочный горизонтальный позиционер для сборки и сварки Гуська при укрупнении.

Сварочный позиционер выберем марки WPOZ 050-150, который показан на рисунке 2.32.



Рисунок 2.32 – Сварочный позиционер WPOZ 1000 [15]

Характеристики позиционера WPOZ 1000 показаны в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Характеристики позиционера WPOZ 1000 [15]

Характеристика	Значение
Грузоподъемность номинальная, кг	1000
Расчетный центр тяжести, мм	150
Номинальный эксцентриситет, мм	150
Угол поворота планшайбы, град	360

Продолжение таблицы 2.9.

Характеристика	Значение
Номинальный крутящий момент, кг·м	120
Напряжение питания, В	230
Мощность привода вращения, кВт	0,55
Мощность привода наклона, кВт	0,55
Скорость вращения планшайбы, об/мин	0,15...1,5
Скорость наклона, с	60
Диаметр планшайбы, мм	1000
Размер Т-образных пазов планшайбы	4×M16
Высота горизонтальной планшайбы, мм	1000
Габаритные размеры, мм	1850×1150×1150
Масса, кг	1450
Обратный сварочный ток, А	600

Закрепление свариваемого узла на планшайбе позиционера производится прижимами, которые устанавливаются на планшайбу при помощи болтов 7002-2307, изготавливаемым по [16]. Фиксирование прижимов производится гайками M16-6H, изготавливаемым по [5].

Схема закрепления показана на рисунке 2.33.

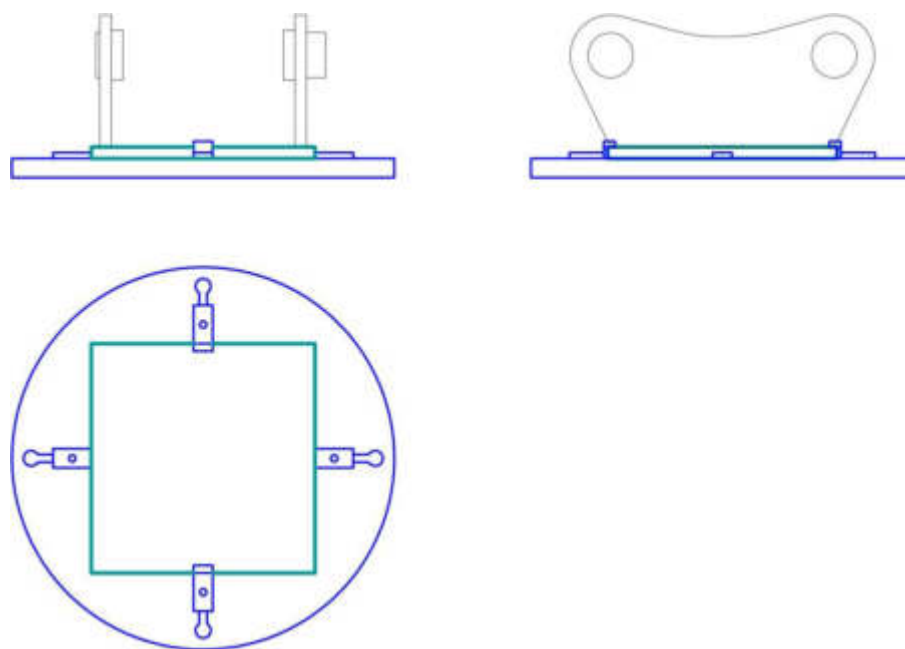


Рисунок 2.33 – Схема закрепления

При сварке Гуська для придания вращения предлагается применить двухосевой позиционер с наклоняемым двухстоечным приводом марки WPEK-G, показанный на рисунке 2.34.

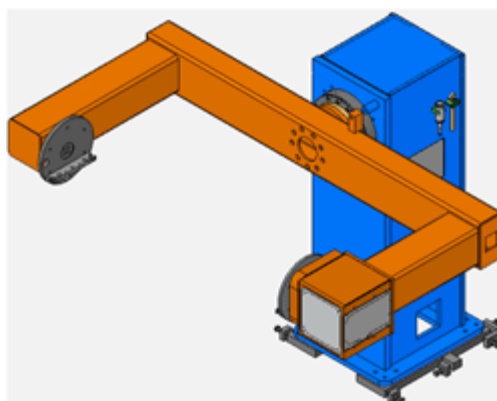


Рисунок 2.34 – Позиционер WPEK-G [17]

Характеристики позиционера WPEK-G представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Характеристики позиционера WPEK-G [17]

Характеристика	Значение
Максимальная грузоподъемность, кг	5000
Радиус свободного вращения, мм	750...1022
Допускаемое расстояние между планшайбами вращателя, мм	1500...6500
Угол поворота планшайбы, град	720

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 2.10.

Характеристика	Значение
Интервал скоростей вращения, град/с	22,5...165
Диапазон углов наклона оси вращателя, град	370±10
Диапазон скоростей наклона оси вращателя, град/с	3...75

Сборку и сварку Гуська будем производить в кондукторе, который показан на рисунке 2.35.

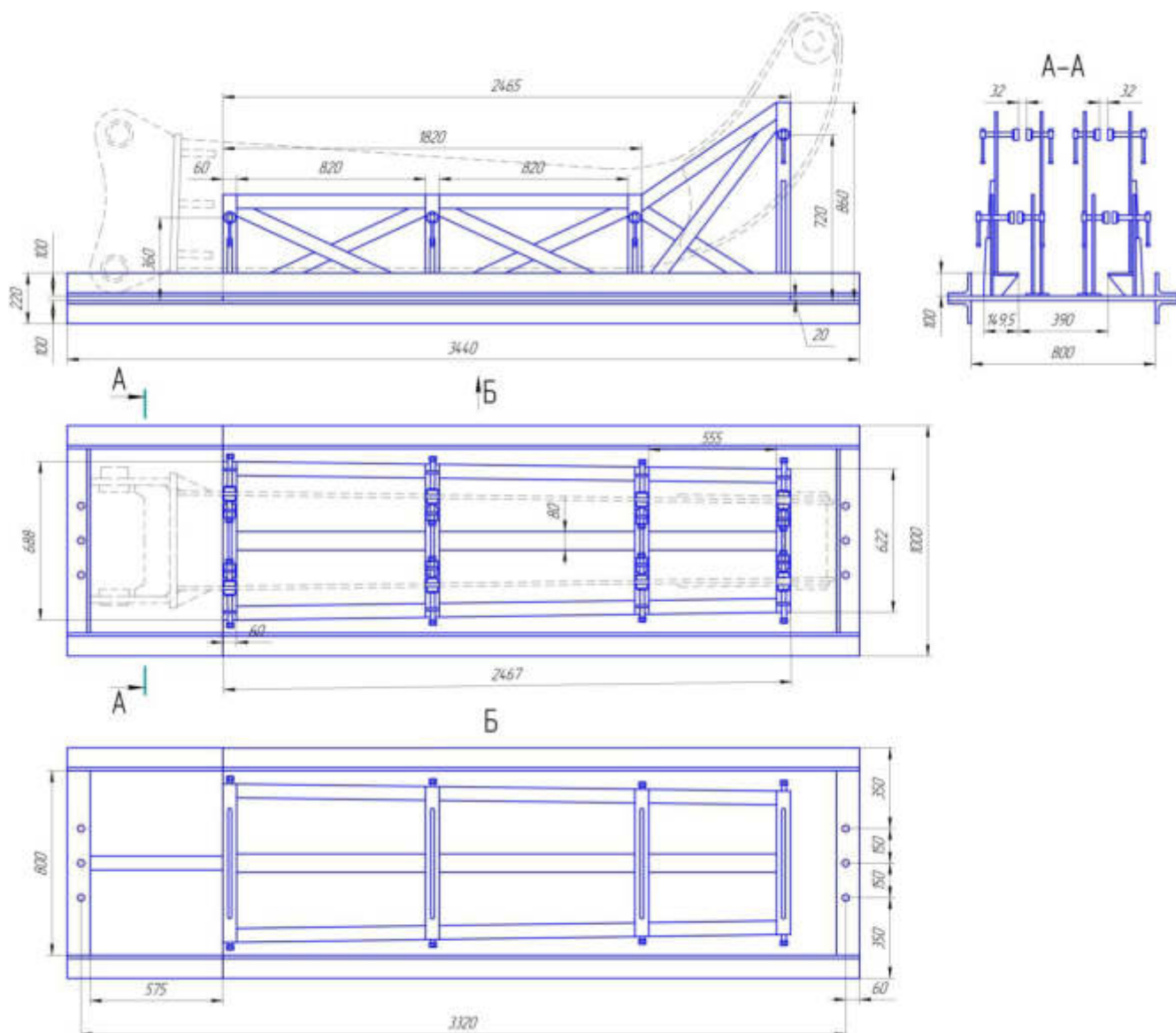


Рисунок 2.35 – Кондуктор

Кондуктор представляет собой раму, которая состоит из следующих элементов:

– каркас из уголков 100×100×8 и пластин из листов толщиной 20 мм. В

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

поперечных уголках изготовлены отверстия диаметром 32 мм для закрепления в планшайбе вращателя;

– упоры с винтовыми прижимами для обеспечения заданной геометрии Гуська, а также для предотвращения деформаций.

2.5.2 Описание сварочной установки

Для сварки Гуська предлагается применить автоматическую роботизированную сварку в среде защитных газов.

Выберем сварочный робот для дуговой сварки марки Cloos QRH 360 производства фирмы Cloos Qirox, который показан на рисунке 2.36.



Рисунок 2.36 – Робот Cloos QRH 360 [17]

Характеристики робота Cloos QRH 360 приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Технические характеристики робота Cloos QRH 360 [17]

Характеристика	Значение
Количество осей, шт	7
Грузоподъемность кисти, кг	15
Максимальный диаметр рабочей зоны, мм	4560
Точность воспроизведения позиции, мм	$\pm 0,1$
Высота рабочей зоны, мм	2700

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Комплектация сварочного робота включает в себя:

- источник питания сварочной дуги;
- устройство подачи сварочной проволоки;
- газовые баллоны;
- устройство автоматической обрезки конца электрода, очистки горелки от брызг и впрыскивания противопригарной жидкости.

В качестве источника питания при роботизированной сварке выберем сварочный аппарат марки Qineo Pulse 450 производства фирмы Qineo, показанный на рисунке 2.37.



Рисунок 2.37 – Источник питания Qineo Pulse 450 [17]

Характеристики источника питания Qineo Pulse 450 приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Характеристики источника питания Qineo Pulse 450 [17]

Характеристика	Значение
Пределы регулирования сварочного тока, А	40...450
Сварочный ток, А, при:	
– ПВ 40%	450
– ПВ 100%	350
Напряжение холостого хода, В	75
Сетевое напряжение, В	3×400
Габаритные размеры, мм	122×630×741
Вес, кг	206

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

При выборе роботизированной горелки учитываются такие факторы как:

- необходимая нагрузка сварочного тока;
- рабочий цикл;
- вид охлаждения.

При учете этих факторов достигается улучшение качества швов, значительно сокращаются эксплуатационные расходы. От точности выбора горелки для роботизированной сварки зависит также производительность.

Выводы по разделу 2:

В разделе 2 рассматривается технология изготовления Гуська. Рассмотрено заготовительное оборудование. Описан порядок сборки и сварки. Выявлены недостатки технологического процесса сборки и сварки, которые предложено устранить применением комплекса мероприятий. Для указанного комплекса мероприятий разработан порядок сборки и сварки Гуська. Для предлагаемого варианта подобран оптимальный способ сварки. Также были рассчитаны параметры режима сварки. Произведен подбор сварочного оборудования и оснастки.

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

3.1 Способы и средства контроля качества

При контроле качества Гуська применяются следующие виды контроля качества:

- визуальный и измерительный контроль (далее ВИК);
- ультразвуковой контроль (далее УЗК).

ВИК применяется на всех производственных операциях как первичный метод, при котором выявляются очевидные несоответствия и отклонения от требований технической документации. Он проводится по утвержденным главным инженером предприятия картам контроля, а также в соответствии с требованиями [18].

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

На операции входного контроля проверяется соответствие листового проката, сварочных материалов и полуфабрикатов. Проверка материалов осуществляется путем сравнения маркировки и приложенного сертификата качества.

При проверке сварочных материалов контролируется наличие либо отсутствие:

- ржавчины;
- механических повреждений.

Также выборочно проводятся испытания сварочных материалов наплавкой на образец либо сварки контрольного сварного соединения и проверки технологических, механических и для проведения металлографических исследований.

Поставляемые защитные газы проверяются на чистоту и соответствие паспортным данным. Контроль проводится ротаметрами.

При текущем контроле проверяется следующее:

- сборка узлов;
- размеры разделки кромок;
- величина смещения кромок;
- наличие зазора.

После сварки ВИК проверяют внешний вид сварного соединения, его геометрические размеры, производится измерение габаритных размеров свариваемых изделий. В ходе проведения сварки контролируются параметры режима.

При проведении ВИК применяются шаблоны, линейки измерительные, штангенциркули, штангенрейсмасы, щупы, увеличительные лупы, а также фонарики и прочее оборудование.

Для контроля наличия внутренних дефектов применяется УЗК. Данный метод контроля основан на прохождении ультразвуковых волн в материале контролируемого объекта. Если дефекты отсутствуют, то волна проходит напрямую до ближайшей границы. При наличии дефекта, волна отражается от его границы и фиксируется сигналом. УЗК контролируют швы №5 в объеме 100%.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Для выполнения УЗК применяются ультразвуковые дефектоскопы, предназначенные как для контроля сварных соединений, так и для контроля основного металла.

Методы контроля, применяемые при изготовлении Гуська, являются достаточными для качественной работы конструкции и выявляемости дефектов. Радиографический контроль применять не рекомендуется из-за большого количества угловых швов и дефекты на пленке могут иметь такую ориентацию, что их трудно обнаружить.

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

При входном контроле недопустимым является отклонение химического состава и механических свойств проката от нормативного значения и значений, указанных в сертификате качества. Отклонение геометрии листов при поставке является не критичным дефектом, но при этом толщина листа должна быть в пределах допуска, а длина и ширина не должны отклоняться от предельных допусковых значений на величину более 40 мм. Наличие на поверхности проката дефектов глубиной более 0,5 мм является недопустимым. Коррозия поверхности металла не допускается при значении глубины более 0,3 мм.

При обнаружении несоответствующих размеров заготовок и деталей перед сборкой проводится их комиссионный осмотр и принимается решение об их доработке, окончательной отбраковке или допуска в производство без изменений.

При проведении ВИК сборки несоответствующими дефектами являются:

- несоответствие величины зазоров;
- несоответствие геометрии.

При обнаружении несоответствий сборку проводят заново.

При проведении ВИК сварки отклонение от требуемых режимов сварки является недопустимым.

При проведении ВИК Гуська после сварки проверяются следующие параметры швов:

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

– внешний вид – гладкая или равномерно чешуйчатая поверхность с плавным переходом к основному металлу. Высота чешуек не должна быть более 1 мм. Несоответствие данного параметра является недопустимым дефектом;

– отсутствие наплывов и подрезов глубиной более 0,3 мм. Наличие указанных несоответствий является недопустимым;

– отсутствие поверхностных трещин любых видов направлений. Наличие трещин является недопустимым;

– отсутствие поверхностных несплавлений, прожогов. Наличие таких дефектов является недопустимым;

– отсутствие пор, выходящих на поверхность любого диаметра. Наличие таких дефектов является недопустимым;

– отсутствие незаваренных кратеров в сварных швах. Наличие таких дефектов является недопустимым.

При обнаружении несоответствий по внешнему виду швов, наличию наплывов проводится зачистка дефектного участка.

При обнаружении остальных дефектов производится выборка дефекта с дальнейшей сваркой места выборки. Исправление дефектного участка сваркой допускается не более двух раз.

Также визуальным контролем проверяется зачистка каждого прохода после проведения сварки. Контроль осуществляется сварщиком.

По результатам ультразвукового контроля в сварном шве не должно быть следующих дефектов:

– пор диаметром более 2 мм на оценочном участке в 100 мм;

– скоплений пор размером более 4% от величины сечения шва;

– трещин всех видов и направлений;

– непроваров;

– несплавлений.

При обнаружении дефектов, превышающих заданные размеры, производится выборка дефекта с дальнейшей сваркой места выборки. Исправление дефектного участка сваркой допускается не более двух раз.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

3.3 Оборудование для контроля качества

Для проведения ВИК применяется комплект для проведения визуального и измерительного контроля типа ВИК «Эксперт».

Комплектация ВИК «Эксперт» показана в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Комплектация ВИК «Эксперт» [19]

Название	Применение
Универсальный шаблон сварщика УШС-3	Контроль величины зазоров, контроль диаметра проволоки, контроль относительного смещения кромок, контроль ширины швов, контроль высоты швов, контроль углов скоса кромок
Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Контроль внутренних и наружных диаметральных размеров, контроль притупления фасок
Набор щупов №4	Контроль величины зазоров
Рулетка измерительная длиной 10 м	Контроль линейных размеров при заготовке, сборке и узла в целом
Линейка измерительная длиной 20 см	Контроль линейных размеров малой протяженности
Универсальный шаблон WG-5	Контроль величины катетов швов
Угольник 160×100	Контроль перпендикулярности собранных деталей между собой, контроль ширины и высоты тавровых швов

Радиус изгиба листа внутреннего и листа наружного, а также величина радиусов на накладках и проушинах измеряются шаблонами.

Для проведения УЗК применяется ультразвуковой дефектоскоп марки УД2-70,

показанный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 [19]

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов.

Характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-70 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-70 [19]

Характеристика	Значение
Диапазон толщин контролируемого материала, мм	2...5000
Рабочие частоты, МГц	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0
Частота зондирующих импульсов, Гц	30; 60; 120; 250; 500; 1000
Полярность зондирующего импульса	отрицательная
Амплитуда зондирующего импульса на нагрузке 50 Ом, не менее, В	180
Длительность зондирующего импульса, не более, нс	80
Диапазон регулировки усиления, дБ	0...100
Шаг регулировки усиления, дБ	0,5 или 1,0
Дискретность изменения усиления скачком "+дБ", дБ	3...30
Диапазон задержки развертки, мм	2 ... 5000

Продолжение таблицы 3.2.

Характеристика	Значение
Диапазон измерения глубины залегания дефектов (сталь), мм	2...5000
Дискретность измерения глубины, мм	0,1
Погрешность измерения глубины, мм	$\pm (0,5 + 0,02 H)$
Диапазон установки угла ввода ПЭП, град	0...90
Дискретность установки, град	1
Количество стробов АСД, шт	2
Диапазон установки скорости УЗК, м/с	1000...15000
Глубина регулировки ВРЧ, дБ	80
Отсечка линейная	0...100% высоты экрана
Размер рабочей части экрана, не менее, пикселей	320×240
Диапазон рабочих температур, °С	-10...+50
Электрическое питание, В: – аккумуляторное	12
– сеть переменного тока, В при 50 Гц	220
Время непрерывной работы, не менее, ч	8
Габариты, не более, мм	245×145×77
Масса с аккумулятором, не более, кг	3

3.4 Методика контроля

3.4.1 Визуальный и измерительный контроль

При проведении ВИК персонал, который осуществляет контроль, должен быть аттестован на уровень I, II, III согласно [20]. При этом заключение о годности выдается лишь специалистами II и III уровней.

Освещенность участка контроля должна быть не менее 500 лк. При меньшем значении требуется использование искусственных приборов освещения.

Измерение линейных размеров листов, а также заготовок производится следующими инструментами:

- длина и ширина – рулетка измерительная длиной 10 м;
- толщина листов – ультразвуковой толщиномер или микрометр.

Угловые размеры измеряются при помощи угломеров и универсального шаблона сварщика УШС-3.

Величина притупления скошенных кромок, а также диаметральные размеры измеряются штангенциркулем ШЦ-1-125-0,1, ШЦ-1-300-0,1.

Радиус измеряется при помощи шаблона.

Геометрические параметры сборки измеряются следующими инструментами:

- длина и ширина – рулетка измерительная длиной 10 м;
- перпендикулярность сборочных элементов относительно друг друга – угольник 160×100 мм;
- угол наклона листов между собой – угломер или УШС-3.

Качество прихваток оценивается визуально. В прихватках не допускаются трещины, кратеры, несплавления по кромкам. Длина прихваток проверяется линейкой металлической длиной 20 см.

При контроле сварных швов проверяются их геометрические размеры, а также отсутствие дефектов, выявляемых по результатам ВИК. Геометрические параметры швов проверяют следующими инструментами:

- катет шва – универсальный шаблон сварщика WG-5;

										Лист
										105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

– высота и ширина швов типа Т6 – угольник 160×100 и линейка металлическая длиной 20 см;

3.4.2 Ультразвуковой контроль

Перед проведением контроля требуется провести зачистку контролируемых швов лепестковым кругом до металлического блеска. При этом шероховатость поверхности не должна превышать Rz 40.

До проведения УЗК производится настройка дефектоскопа с применением настроечных образцов. У таких образцов настройка производится по плоскодонным отражателям.

Для проведения ультразвукового контроля используется эхо-импульсный метод. Схема проведения эхо-импульсного метода показана на рисунке 3.2.

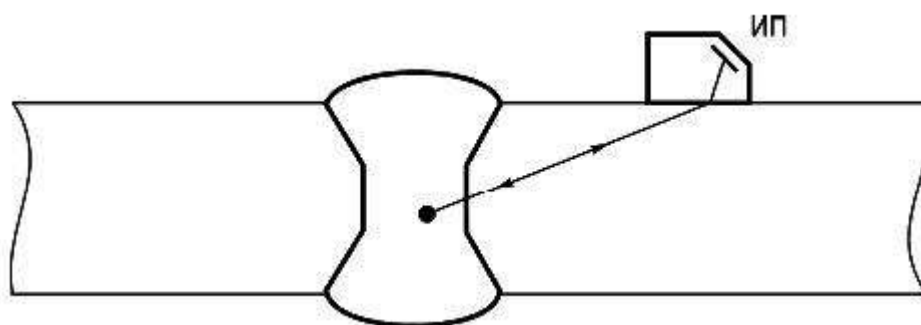


Рисунок 3.2 – Схема проведения эхо-импульсного метода

Метод основан на вводе ультразвуковой волны в металл и, при обнаружении дефектов, происходит отражение этой волны на датчик ПЭП.

Для проведения УЗК при контроле швов №5 используются ПЭП с углом ввода 60°, а также ПЭП с углом ввода 0°.

Схема проведения УЗК швов №5 ПЭП с углом ввода 60° показана на рисунке 3.3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

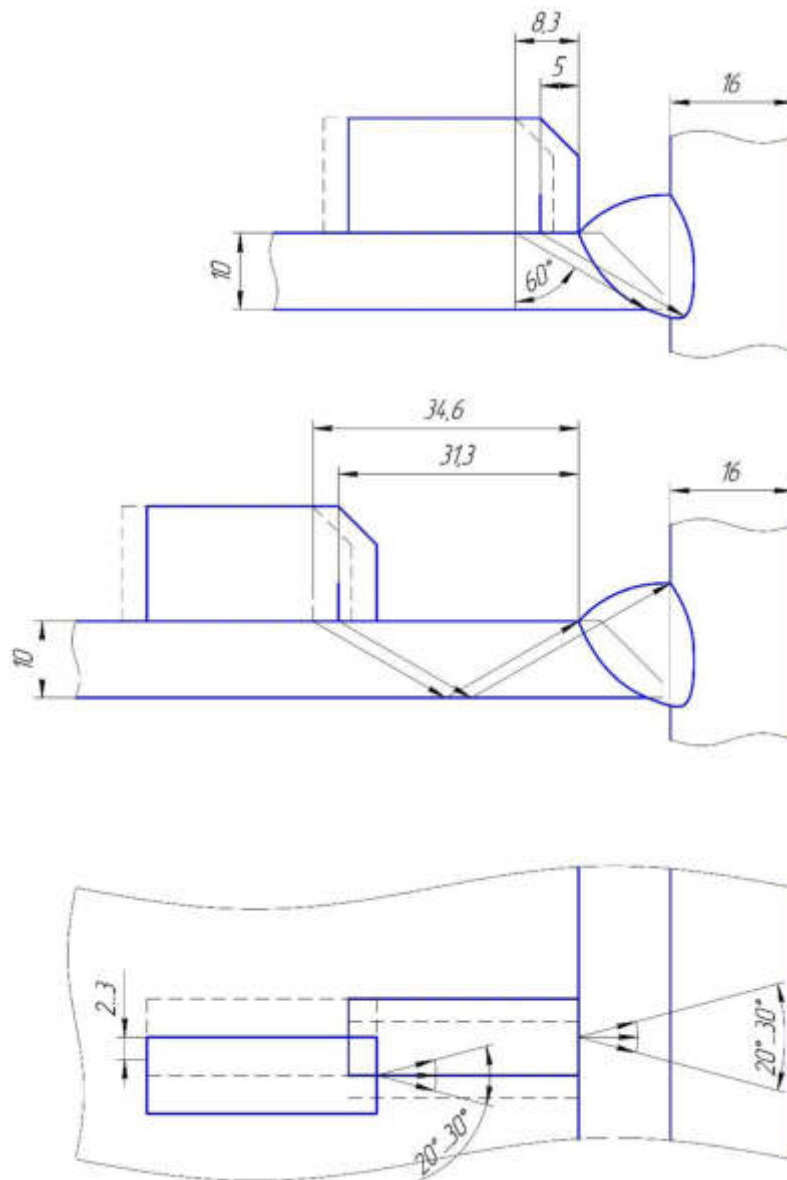


Рисунок 3.3 – Схема проведения УЗК швов №5 прямым лучом

Схема проведения УЗК швов №5 ПЭП с углом ввода 0° показана на рисунке 3.4.

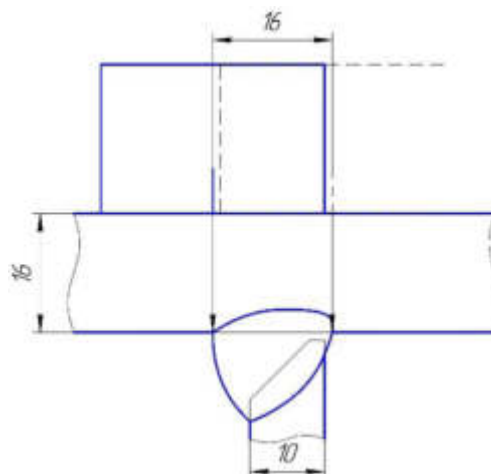


Рисунок 3.4 – Схема проведения УЗК швов №5 ПЭП с углом ввода 0°

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 рассматриваются методы и методика проведения контроля качества при изготовлении отвода. Описаны недопустимые дефекты, применяемое оборудование для контроля, а также порядок контроля.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

При производстве сварочных работ на исполнителей оказывают воздействие разные опасные и вредные производственные факторы.

К вредным производственным факторам относятся следующие:

- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;
- видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение сварочной дуги при сварке, а также инфракрасное излучение самой ванны и изделий, подвергшихся сварке;
- электромагнитное поле;
- ионизирующее излучение;
- повышенный уровень шума.

При сварке в зоне дыхания производителей работ присутствуют различные сварочные аэрозоли, которые содержат в своем составе окислы металлов и иные химические соединения. При воздействии на организм различных вредных веществ возможно получение острых и хронических профессиональных заболеваний и отравлений.

При отсутствии защиты от излучения сварочной дуги появляется высокая вероятность поражения органов зрения, а также ожоги кожных покровов. Инфракрасное излучение от изделий, подвергшихся предварительному подогреву, оказывает на здоровье негативное воздействие.

Источниками повышенного шума являются компрессоры, генераторы, вакуумные насосы и т. д. Источниками ультразвука являются ультразвуковые

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

генераторы, рабочие органы установок и т. д.

К опасным производственным факторам относятся:

- электрический ток;
- брызги расплавленного металла;
- вероятность взрыва баллонов и систем, которые находятся под давлением;
- движущиеся изделия и механизмы.

4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда

В целях профилактики неблагоприятного воздействия опасных и вредных производственных факторов должны применяться следующие мероприятия:

- использование средств индивидуальной защиты, которые уменьшают тепловое воздействие на организм рабочего;
- регламентация времени работы (перерывы в работе, сокращение рабочего дня и т. д.).

Рабочие места исполнителей работ должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (тенты) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты от воздействия внешней среды.

Расстояние между элементами оборудования на монтажной площадке должно быть не менее 2 м друг от друга.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего места должна быть не менее 1 м.

Рабочие места, расположенные выше 1,3 м от уровня земли или сплошного перекрытия, должны быть оборудованы ограждениями высотой не менее 1,1 м, состоящими из поручня, одного промежуточного элемента и бортовой доски шириной не менее 0,15 м.

Для защиты от выделения сварочных аэрозолей, пыли и газов применяется

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

местная вентиляция.

Снижение шума при работе осуществляется следующими методами:

- организационными;
- звукоизоляции;
- звукопоглощения;
- виброизоляции;
- дистанционного управления из звукоизолирующих кабин.

4.2.2 Обеспечение электрической безопасности

Для обеспечения электробезопасности должны соблюдаться следующие требования:

- 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;
- для дуговой сварки необходимо применять изолированные гибкие кабели, рассчитанные на надежную работу при максимальных электрических нагрузках с учетом продолжительности цикла сварки;
- соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения;
- подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных или припаянных кабельных наконечников;
- при прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами;
- в электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

устройствами;

– 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;

– металлические части электросварочного оборудования, не находящиеся под напряжением, а также свариваемые изделия и конструкции на все время сварки должны быть заземлены, а у сварочного трансформатора, кроме того, заземляющий болт корпуса должен быть соединен с зажимом вторичной обмотки, к которому подключается обратный провод;

– в качестве обратного провода или его элементов могут быть использованы стальные шины и конструкции, если их сечение обеспечивает безопасное по условиям нагрева протекание сварочного тока. Соединение между собой отдельных элементов, применяемых в качестве обратного провода, должно быть надежным и выполняться на болтах, зажимах или сваркой;

– запрещается использовать провода сети заземления, трубы санитарно - технических сетей (водопровод, газопровод и др.), металлические конструкции зданий, технологическое оборудование в качестве обратного провода электросварки;

– 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 электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт, расположенный в доступном месте, с надписью «Земля». Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких аппаратов запрещается;

– на установках или автоматических линиях с большим фронтом обслуживания кнопки аварийного отключения должны располагаться друг от

										Лист
										111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

друга на расстоянии не более 10 м. Используемые в таких случаях кнопки управления должны иметь защелки, обеспечивающие только принудительное возвращение контактов в первоначальное состояние. Пульты управления оснащаются блокировками, исключающими возможность параллельного управления от различных пультов, сигнализацией, а также аварийными кнопками для включения установки (линии);

– запрещается оставлять на рабочем месте электросварочный инструмент, находящийся под напряжением;

– запрещается производить ремонт электросварочных установок под напряжением;

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

4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности

В соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» сварочный участок относится к категории «Г» производства, где в обращении находятся негорючие вещества и материалы, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла и искрения пламени.

Для ликвидации возможных очагов пожара в цеховых условиях присутствуют пожарные щиты.

В комплект пожарного щита входят:

– огнетушители воздушно-пенные вместимостью 10 л – 2 шт;

– порошковые вместимостью 10 л – 1 шт, 5 л – 2 шт;

– лом – 1 шт;

– ведро – 1 шт;

– асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из

									Лист
									112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ				

негорючего материала) – 1 шт;

- лопата штыковая – 1 шт;
- тележка для перевозки оборудования – 1 шт;
- емкость для хранения воды объемом 0,02 м³ – 1 шт;
- насос ручной – 1 шт;
- рукав ДУ 18-20 длиной 5 м – 1 шт.

4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

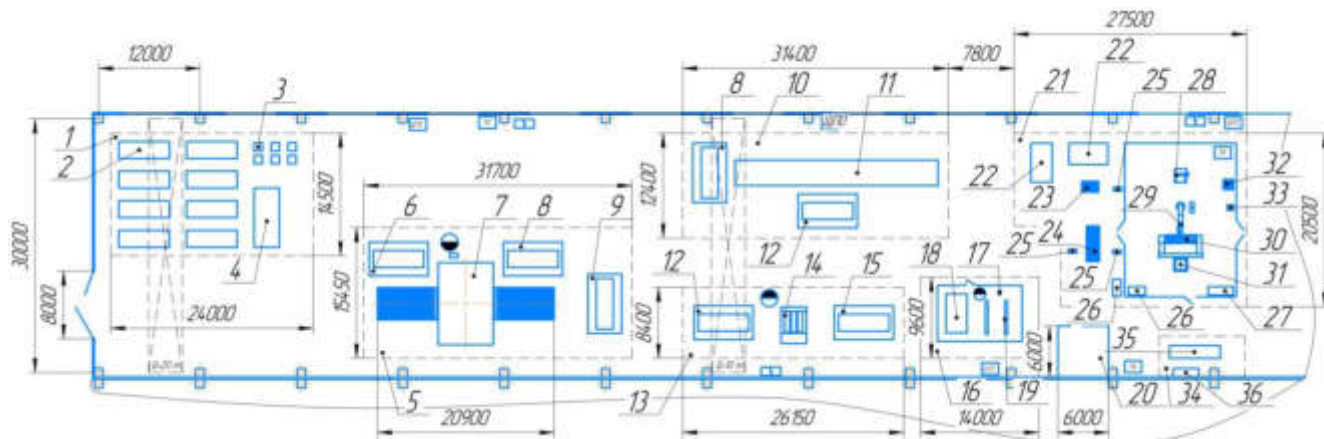
При работе с подъемными устройствами следует соблюдать следующие рекомендации:

- строповочные работы допускается производить обученному персоналу;
- строповка Гуська осуществляется при помощи мягких стропов;
- при строповке деталей использовать цепной строп с антискользящими зажимами;
- при транспортировании по цеховой площадке каких-либо элементов запрещается находиться в зоне транспортировки на расстоянии ближе 10 м.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

4.4 Планировка оборудования и рабочих мест участка

На рисунке 4.1 показана планировка существующего цеха с изображением на ней расположения оборудования и рабочих мест.



1 – Склад металла; 2 – Штабель листового проката; 3 – Место складирования готовых заготовок; 4 – Стенд входного контроля; 5 – Участок дробеметной очистки; 6 – Место складирования листов перед очисткой; 7 – Установка дробеметная 24583М; 8 – Место складирования очищенных листов; 9 – Стенд осмотра листов перед очисткой; 10 – Участок термической резки; 11 – Машина плазменной резки Fire Bridge; 12 – Место складирования заготовок; 13 – Участок гибки; 14 – Машина листогибочная И2222Б; 15 – Место складирования готовых деталей; 16 – Участок заготовки фасок; 17 – Фаскосниматель GTW-2100; 18 – Место складирования готовых деталей; 19 – Ложемент; 20 – Склад сварочных материалов; 21 – Участок сборки и сварки; 22 – Место складирования заготовок перед сборкой; 23 – Стол сварщика; 24 – Стенд для сборки и сварки; 25 – Полуавтомат Aurora Pro Skyway 300; 26 – Стол слесарный; 27 – Шкаф хранения инструмента; 28 –позиционер сварочный WPOZ 1000; 29 – Робот сварочный Cloos QRH 360; 30 – Кондуктор; 31 – Позиционер WPEK-G; 32 – Баллоны с газом; 33 – Источник питания Qineo Pulse 450; 34 – Участок контроля качества; 35 – Стенд для контроля качества; 36 – Шкаф хранения инструмента для контроля

Рисунок 4.1 – Планировка оборудования и рабочих мест

Планировка показана с учетом предлагаемого варианта технологического

											Лист
											114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ						

процесса изготовления Гуська-удлинителя. Описание технологической цепочки в соответствии с рисунком 4.1.

В первую очередь, листовой прокат и детали поставляются в цех на склад металла (поз. 1). Листы укладываются в штабели в зависимости от марки стали, толщины стенки (поз. 2), детали укладывают на место складирования готовых заготовок (поз. 3). На складе проводится входной контроль на стенде для входного контроля (поз. 4).

Листы и детали, принятые по результатам входного контроля, отправляют на участок дробеметной очистки (поз. 5) и складироваться на месте складирования листов перед очисткой (поз. 6). Далее листы укладывают на входной рольганг. Очистка производится на машине 24583М (поз. 7). Очищенные листы снимают укладывают на место складирования очищенных листов (поз. 8). Далее проводится осмотр листов на стенде осмотра листов после очистки (поз. 9).

Далее листы транспортируют на участок термической резки (поз. 10). Резка производится на машине плазменной резки Fire Bridge (поз. 11). Заготовки деталей складироваться на месте складирования заготовок (поз. 12).

После этого часть заготовок отправляется на участок сборки и сварки (поз. 21), а часть отправляется на участок заготовки фасок (поз. 16). Снятие фаски проводится фаскоснимателем GTW-2100 (поз. 17). Детали с фасками укладываются на место складирования готовых деталей (поз. 18).

После этого, детали с фасками транспортируются на участок гибки (поз. 13). Гибка проводится на машине листогибочной И2222Б (поз. 14). Готовые детали укладываются на место складирования готовых деталей (поз. 15).

После проведения всех заготовительных операций детали отправляют на участок сборки и сварки (поз. 21). Находятся заготовки на месте складирования заготовок перед сборкой (поз. 22).

Сборка проушин с плитой и втулками проводится на столе сварщика (поз. 23). После этого, собранный узел транспортируется и устанавливается на планшайбе позиционера сварочного WPOZ 1000 (поз. 28).

Укрупнение Гуська проводится на стенде для сборки и сварки (поз. 24) в

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

кондукторе (поз. 30). После укрупнения кондуктор с узлом транспортируется и устанавливается в позиционере WPEK-G (поз. 31).

Сборка проводится полуавтоматом Aurora Pro Skyway 300 (поз. 25). Для текущих работ на участке установлен стол слесарный (поз. 26). Инструменты хранятся в шкафу для хранения инструментов (поз. 27).

Сварка проводится роботом сварочным Cloos QRH 360 (поз. 29) с источником питания Qineo Pulse 450 (поз. 33).

После сварки Гусек отправляют на участок контроля качества (поз. 34). Контроль качества проводится на стенде для контроля качества (поз. 35). Инструменты хранятся в шкафу хранения инструмента для контроля (поз. 36).

Выводы по разделу 4:

В разделе 4 рассмотрены возникающие опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают влияние на жизнь и здоровье исполнителей работ. Рассмотрены способы снизить влияние этих факторов.

Описана техника безопасности при производстве различных видов работ, а также с применением подъемно-транспортных механизмов.

Рассмотрена планировка рабочих мест с описанием основных типов оборудования.

										Лист
										116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривается совершенствование технологии сборки и сварки гуська-удлинителя для экскаватора Hitachi 330zx.

В конструкторском разделе произведен анализ конструкции, описаны элементы, составляющие конструкцию Гуська. Описана применяемая марка стали (09Г2С), а также применяемые виды и тип сварных швов. Описаны действующие нагрузки на Гусек.

В технологическом разделе проанализирована базовая технология сборки и сварки Гуська. Описано заготовительное оборудование. Рассмотрен порядок сборки и сварки Гуська, контроль качества. При рассмотрении технологии выявлены недостатки, которые предложено устранить применением следующих мероприятий: автоматизация технологии сварки (применение роботизированного комплекса), замена сварочных материалов (проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм заменена на проволоку Св-08Г2С диаметром 1,6 мм). Для предлагаемого варианта бы осуществлен расчет режимов сварки, подобраны сварочные позиционеры и сварочный робот.

В разделе контроля качества описаны методы контроля, применяемые при изготовлении Гуська, принцип их работы, применяемое оборудование для контроля, а также методика проведения контроля.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены опасные и вредные производственные факторы. Описана техника проведения безопасных работ, а также рассмотрена планировка участка.

										Лист
										117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 19903-2015 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент». – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
2. ГОСТ 19281-2014 «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия». – М.: Стандартиформ, 2015. – 45 с.
3. <https://www.intertechpribor.ru>.
4. ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры». – М.: Стандартиформ, 2007.– 37 с.
5. ГОСТ 5915-70 «Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры». – М.: Стандартиформ, 2010.– 4 с.
6. ГОСТ 7798-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры». – М.: Стандартиформ, 2010.– 9 с.
7. ГОСТ 11371-78 «Шайбы. Технические условия». – М.: Стандартиформ, 2008.– 5 с.
8. ГОСТ 13152-67 «Болты к пазам станочным обработанным. Конструкция». – М.: Стандартиформ, 1990.– 13 с.
9. <https://aurora-online.ru>.
10. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия». – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. – 18 с.
11. ГОСТ Р ИСО 14175-2010 «Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов». – М.: Стандартиформ, 2011.– 11 с.
12. 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.
13. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
14. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат,

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

1999. – 272 с.

15. <https://www.intertechpribor.ru>.

16. ГОСТ 12459-67* «Болты усиленные к пазам станочным обработанным. Конструкция». – М.: ИПК издательство стандартов, 1999. – 6 с.

17. <https://ruswelder.ru>.

18. Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03-606-03). Серия 03. Выпуск 39 / Колл. авт. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004.

19. <http://defektoskopist.ru>.

20. ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля».

21. 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.

					ЮУрГУ-15.03.01.2020.608 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		119