

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для сборки и сварки балки двутавровой

Студент

П.С. Тимофеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

Данный проект посвящен детальной разработке технологии сборки и сварки двутавровой балки посредством сварки в заводских условиях.

В технологической части работы рассмотрены вопросы по выбору способов сварки, выбраны сварочные материалы и оборудование, рассчитаны режимы сварки, рассмотрены вопросы контроля качества.

В экономической части дипломного проекта проведен расчет технологической себестоимости изготовления балки. Проанализирована экономическая эффективность выбранной технологии.

Раздел охраны труда содержит сравнение технологий изготовления в свете вопросов охраны труда.

Пояснительная записка содержит 112 страниц, 17 таблиц, 15 рисунков, список литературы из 23 наименований. Графическая часть работы содержит 6 страниц формата А1, 1 страницу формата А2, 1 страницу формата А3 и 2 страницы формата А4.

## Содержание

Введение.....	5
1 Общая часть .....	7
1.1 Описание сварной конструкции .....	7
1.2 Материал сварной конструкции .....	8
2 Технологическая часть .....	11
2.1 Технологическая свариваемость металла сварной конструкции .....	11
2.2 Литературный обзор опыта сварки металла заданной толщины .....	12
2.3 Изучение особенностей сварки данного вида изделий .....	20
2.4. Выбор способа сварки .....	23
2.5 Обоснование выбора сварочных материалов.....	26
2.6 Обоснование режимов сварки.....	28
2.7 Выбор сварочного оборудования .....	33
3 Разработка технологии изготовления сварной конструкции .....	36
3.1. Заготовительные операции .....	36
3.2 Разработка технологии сборки и сварки.....	38
3.3 Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними .....	39
3.4 Технический контроль качества и исправление брака.....	41
3.5 Нормирование технологического процесса .....	47
3.6 Оценка технологичности конструкции.....	49
4. Конструкторская часть .....	51
4.1. Общая характеристика механического оборудования, необходимого для обеспечения технологического процесса .....	51
4.2. Компоновка установок из унифицированных узлов .....	52
5. Организация контроля качества .....	54
5.1 Выбор методов контроля качества сварных соединений .....	54

5.2 Ультразвуковой и рентгенографический контроль сварных соединений	58
6 Организационно-экономическая часть	61
6.1 Расчет необходимого количества оборудования	61
6.2 Расчет производственной площади	61
6.3 Разработка плана цеха и расстановка оборудования	62
6.4 Расчет технологической себестоимости изготовления сварной конструкции	66
6.4.1 Затраты на основные материалы	66
6.4.2 Расчет затрат на сварочные материалы	66
6.4.3 Расчет затрат на заработную плату	68
6.4.4 Расчет затрат на силовую электроэнергию	70
6.4.5 Расчет необходимого количества оборудования и его загрузка	71
6.4.6. Расчет затрат на амортизацию оборудования	72
6.4.7 Затраты на ремонт	75
7 Безопасность жизнедеятельности	78
7.1 Виды инструктажей	78
7.2 Расчет местной вентиляции	80
7.3 Пожарная безопасность	84
7.4 Защита органов зрения, лица и головы при сварке	85
Заключение	89
Список используемых источников	90

## Введение

Автоматизация, механизация и роботизация сборочных и сварочных процессов — признаны большинством специалистов как перспективные направления в сварочном производстве. Подходя к проблеме комплексно, можно решить вопросы автоматизации: перевод основных и вспомогательных операций сварочного производства в автоматизированный режим остро необходим для успешного функционирования отрасли. Рост производительности труда, качественный уровень готовых изделий и снижение степени влияния «человеческого фактора» на их качество, уменьшение числа задействованных работников — все эти показатели станут возможными при использовании на участке сварки оборудования с автоматическим и механизированным управлением, эргономичного рабочего инструмента.

Предъявление особых требований к применяемым сплавам, металлам и другим материалам в последние годы характерно для промышленного производства и специализированных отраслей. Усложнение нормативов по конструкциям и соединениям, выполненным с помощью сварки привело к тому, что сварочная технология направлена в первую очередь на обеспечение сохранности сложных геометрических форм и габаритов, а также главных качеств исходного сырья. При этом не должны ухудшаться прочностные и пластичные характеристики материалов, их устойчивость к коррозионным процессам и иные показатели.

Использование труда квалифицированных специалистов — неизбежное условие, необходимое для того, чтобы создать станочное оборудование любого типа, которое бы отвечало производственным запросам. Разработка проектов станочных приспособлений в последние 10 лет ведется очень успешно: создаются расчетные методики, позволяющие точно обрабатывать детали на станках, производятся прецизионные патроны и оправки,

совершенствуются механизмы для зажимов и способы их расчета. Кроме того, разработчики выпускают разнообразные приводные механизмы с компонентами, которые во много раз их повышают надежность в процессе эксплуатации.

## 1 Общая часть

### 1.1 Описание сварной конструкции

- Наименование – двутавровая балка.
- $L = 8000$  мм;
- $B = 360$  мм;
- $H = 850$  мм,
- $\delta_c = 20$  мм;
- $\delta_n = 20$  мм,
- Материал: сталь ВСтЗсп,

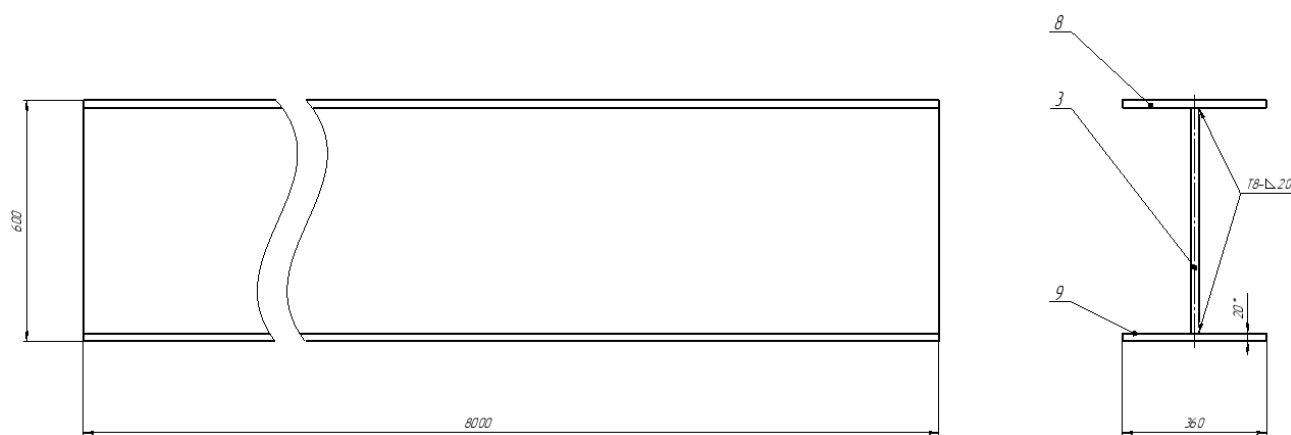


Рисунок 1.1 – Эскиз двутавровой балки

Составные элементы двутавра, их размеры, количество:

1. Лист 1250x12000x40 мм – 2 шт. Полка. В соответствии с [1]
2. Лист 1250x12000x30 мм – 1 шт. Стенка. В соответствии с [1]
3. Лист 1250x12000x20 мм – 1 шт. Ребра жесткости. В соответствии с [1]

Балки – конструктивные элементы сплошного или сварного сечения, работающие на изгиб.

Двутавровая балка является наиболее распространённым видом металлопроката. Пример двутавровой балки представлен на рисунке 1.1

Внешне – это брусок, выполненный из стального сплава, который в поперечном сечении имеет вид буквы «Н». Конструкция её состоит из верхнего пояса и нижнего, которые соединяются стенкой. Полки могут быть расположены параллельно или под некоторым углом друг к другу. В зависимости от этого меняется и назначение балки. Двутавровая широкополочная конструкция имеет весьма широкое распространение. Чаще всего двутавровые балки применяются при возведении высотных зданий, шахтных перекрытий, мостов, где служит для перераспределения вертикальных и горизонтальных нагрузок на несущую конструкцию.

## 1.2 Материал сварной конструкции

Для данной конструкции применяется сталь ВСтЗсп.

Класс: Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества.

Применяется в несущих конструктивных компонентах и деталях сварного и несварного типа, которые способны работать при температуре свыше 0° С. Прокат в форме листов или фасонов (5-й категории) используется для несущих конструктивных частей сварного типа, которые работают при переменной нагрузке: температурный интервал от -40 до +425 ° С для проката толщиной до 25 мм; от -20 до +425 °С для проката толщиной больше 25 мм (дополнительное условие: поставка с гарантией свариваемости). в таблицах 1.1 и 1.2 продемонстрированы механические характеристики и химический состав стали [1].

Таблица 1.1 – Химический состав ВСтЗсп в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,14 - 0,22	0,12 - 0,3	0,4 - 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,3	до 0,08	~98

Таблица 1.2 – механические свойства стали ВСтЗсп



Временное сопротивление $\sigma_v$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа для толщин, мм				Относительное удлинение $\delta_5$ , %, для толщин, мм		
	до 20	св. 20 до 40	св. 40 до 100	св. 100	до 20	св. 20 до 40	св. 40
	не менее						
380 - 490	250	240	230	210	26	25	23

Анализ свариваемости стали ВСтЗсп позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при

другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей, таких как сталь 09Г2С и сталь 20 расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{э} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25...0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35...0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Однако расчетные формулы не могут учесть все факторы эксплуатации сварного изделия. Поэтому выполняют сварку технологических проб и по результатам анализа делают вывод о свариваемости. Вывод о свариваемости делают на основании появления горячих или холодных трещин.

Кроме того, в некоторых случаях выполняют разрушение сваренного образца или фрагмента сваренного образца при статическом растяжении или ударном воздействии.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Технологическая свариваемость металла сварной конструкции

Расчет  $C_{ЭКВ}$ :

$$C_{ЭКВ} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (2.1)$$

$$C_{ЭКВ} = 0,14 + \frac{0,4}{6} + \frac{0,15+0+0}{5} + \frac{0,15+0,15}{15} = 0,24 \%$$

Значение 0,24 соответствует удовлетворительной свариваемости.

При сварке произвести подогрев.

Расчет температуры подогрева:

$$T = 350 \cdot \sqrt{C - 0,25} \quad (2.2)$$

Где  $C$  – общий коэффициент углерода, %

$$C = C_{ЭКВ} + C_s \quad (2.3)$$

Где  $C_s$  –  $C_{ЭКВ}$ , зависящий от толщины

$$C_s = 0,005 \cdot S \cdot C_{ЭКВ} \quad (2.4)$$

$$C_s = 0,005 \cdot 40 \cdot 0,24 = 0,048$$

$$C = 0,24 + 0,048 = 0,288$$

$$T = 350 \cdot \sqrt{0,288 - 0,25} = 68,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура подогрева составляет 68,2°C.

Расчет параметра трещинообразования:

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{5} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5 \cdot B \quad (2.5)$$

Где  $P_{CM}$  – коэффициент, характеризующий снижение прочности вследствие структурного преобразования

$$P_{CM} = 0,14 + \frac{0,12}{30} + \frac{0,4}{5} + \frac{0,1}{20} + \frac{0,1}{60} + \frac{0,1}{20} + \frac{0}{15} + \frac{0}{10} + 5 \cdot 0 = 0,24$$

$$P_W = P_{CM} + \frac{H}{60} + \frac{K}{40 \cdot 10^4} \quad (2.6)$$

Где  $R_w$  – коэффициент, характеризующий снижение прочности вследствие структурного преобразования

$H$  – концентрация диффузионного водорода в металле шва

$K$  – коэффициент интенсивности жесткости сварного соединения

$$K = K_0 \cdot S \quad (2.7)$$

Где  $K_0$  – константа, равная 69

$S$  - толщина листа, мм

$$K = 69 \cdot 40 = 2760$$

$$R_w = 0,24 + \frac{0,93}{60} + \frac{2760}{40 \cdot 10^4} = 0,252$$

Т.к.  $0,252 < 0,286 \Rightarrow$  данная марка стали к холодным трещинам не склонна.

Расчет параметра образования горячих трещин:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 1000}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \quad (2.8)$$

$$HCS = \frac{0,14 \cdot (0,01 + 0,01 + \frac{0,12}{25} + \frac{0,1}{100}) \cdot 1000}{3 \cdot 0,4 + 0,1} = 2,8$$

$HCS < 4 \Rightarrow$  к образованию горячих трещин не склонна.

## 2.2 Литературный обзор опыта сварки металла заданной толщины

Чтобы эффективно восстановить поверхности с износом, требуется выбрать соответствующий метод сварки. Это главный вопрос сварочной технологии, а основная задача при выборе способа сварки — получение качественной наплавленной поверхности.

### *Дуговая сварка покрытыми электродами*

#### Применение:

Этот вид сварки является очень маневренным, он позволяет воздействовать, через электродный стержень и покрытие, на химический состав металла шва в сторону его улучшения (корректирования) для

повышения жаропрочности, а также технологической прочности (рисунок 2.1).

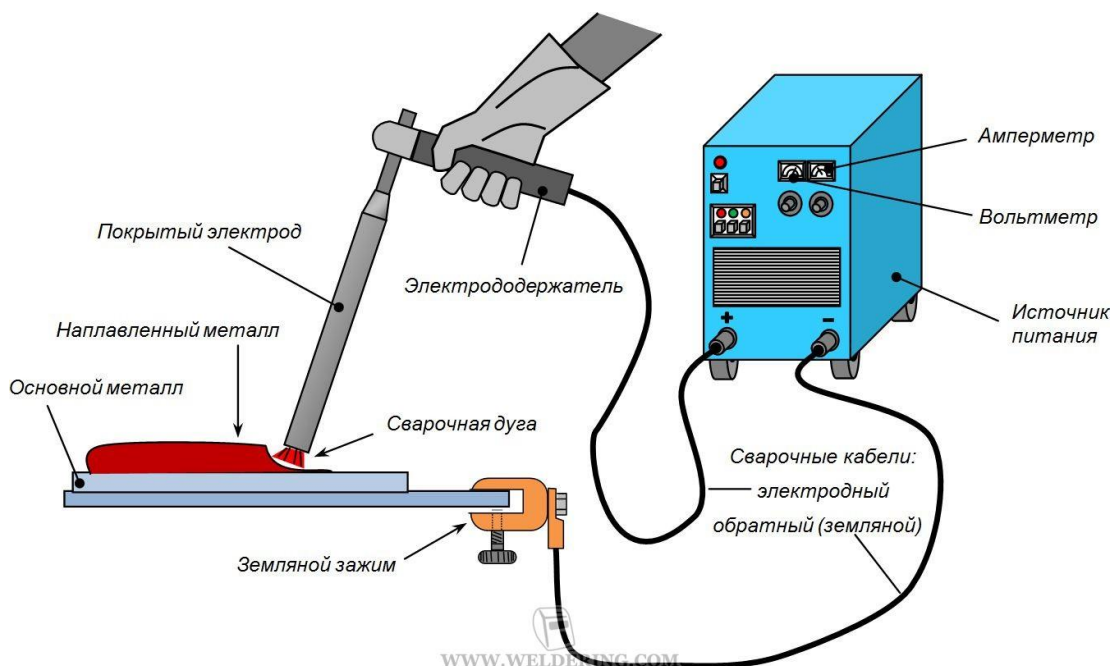


Рисунок 2.1 - Дуговая сварка покрытыми электродами

#### Преимущества:

- небольшие затраты на приобретение и эксплуатацию, надежное и простое оборудование;
- возможность изготовления сварных соединений практически любой геометрии и сложности.

#### Недостатки:

- повышенная внутренняя пористость;

#### ***Сварка под слоем флюса.***

Процесс механизированного типа сварки с использованием добавок-флюсов имеет особое отличие от ручной — подача проволоочной нить к сварочной зоне идет в автоматическом режиме. Другая отличительная черта в том, что электродуга между сварным участком и электродом осуществляет горение не на открытом воздухе, под люсовым слоем, который предохраняет расплавленный металл от образования брызг. Жидкий флюс формирует

оболочку, защищающую дуговую зону от негативного влияния кислорода и азота, находящегося в составе воздуха. Такой подход позволяет повысить качество химического состава металла, который наплавлен. (рисунок 2.2).

#### Применение:

Является одним из основных процессов сварки высоколегированных сталей в химической и нефтяной промышленности

Промышленное применение преимущественно: тяжелое машиностроение, нефтехимическое и энергетическое машиностроение. Является одним из основных процессов сварки высоколегированных сталей в химической и нефтяной промышленности.

Номенклатура свариваемых материалов подавляющее большинство сталей, медных, никелевых, титановых сплавов.

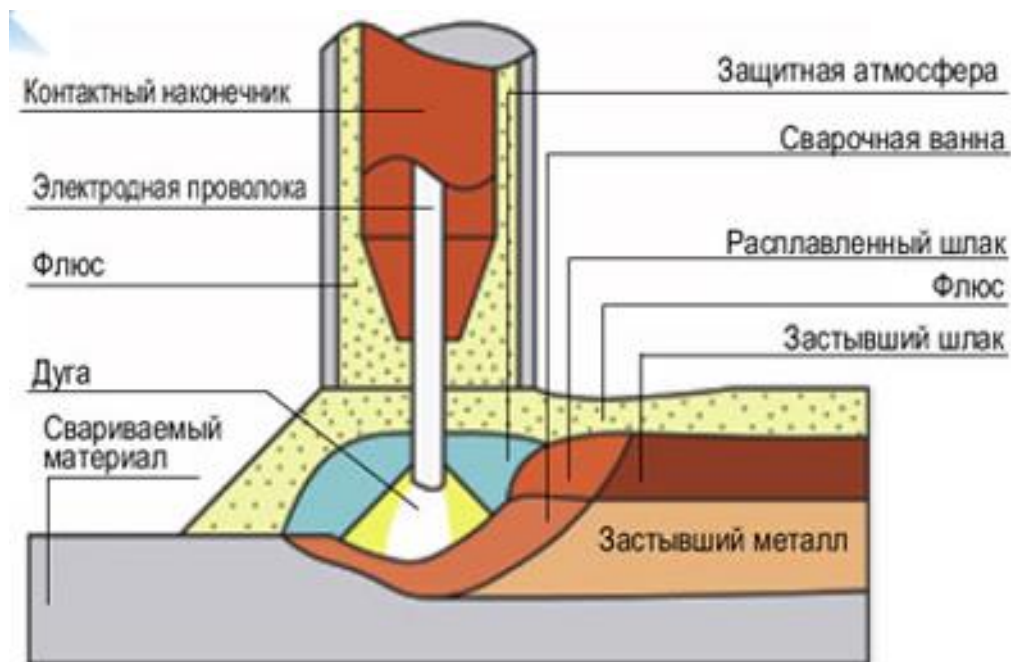


Рисунок 2.2 - Сварка под слоем флюса

#### Преимущества:

- высокая производительность сварки, связанная с глубоким проплавлением металла и использованием диапазона силы тока до 2000А.

- высокое качество сварных соединений, обеспечивающееся эффективной защитой сварочной ванны и околошовной зоны расплавленным флюсом.

- маленькие потери металла при наплавке, поскольку разбрызгивание жидкого металла идет под колпаком расплавленного флюса.

- маленькие потери в окружающую среду.

- отсутствие излучения дуги при наплавке.

#### Недостатки:

- ограниченность пространственных положений сварки (в подавляющем большинстве случаев – нижнее).

- невозможность визуального наблюдения формирования шва (нарушения формы, несплавление).

- не приемлем для сварки коротких швов от 1м. В основном прямолинейные и круговые швы. Не приемлем для швов с маленьким радиусом кривизны, кроме кольцевых.

- громоздкое и дорогое оборудование.

#### ***Сварка в среде защитных газов.***

Особенность данной технологии в том, что идет непрерывная подача проволочного электрода на участок плавления, за счет подаваемого защитного газа ванна с расплавленным металлом предохраняется от влияния атмосферы. Чаще всего металл наплавляется при постоянном токе. Данная методика дает возможность наплавлять плоских поверхностей и кромочных частей деталей в любых положениях в пространстве.

Аргон и углекислый газ создают ту самую защитную газовую среду, которая применяется механизированной наплавке. Углекислота играет роль активатора, в дуговом потоке от совершает частичную диссоциацию на кислород и оксид углерода. Это приводит к тому, что при сварочном процессе часть элементов интенсивно окисляются, но при этом идет обеспечение максимальной защиты жидкого металла от атмосферного азота.

Сварка в среде углекислого газа показана на рисунке 2.3.

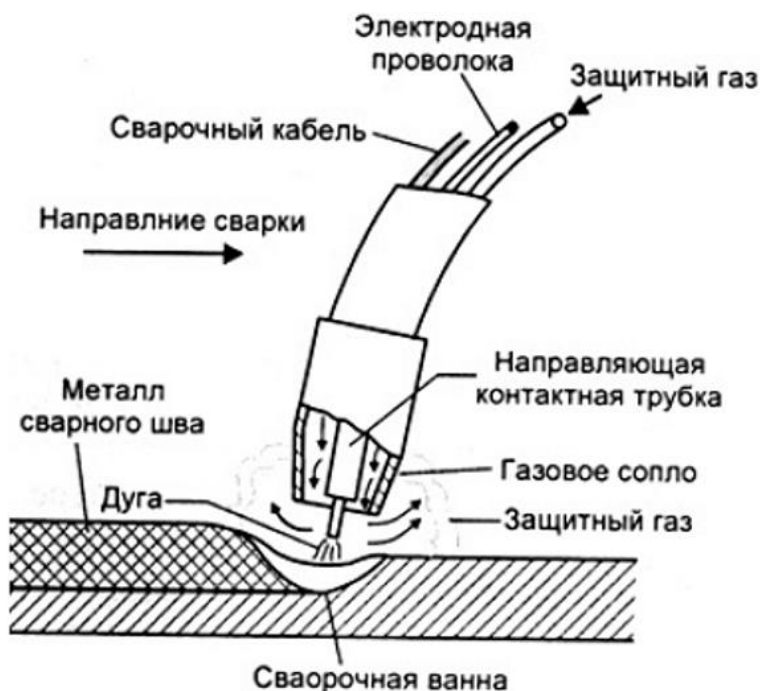


Рисунок 2.3 – Сварки в среде углекислого газа

Положительные стороны:

- снижается количество образующихся брызг металла с электродов (2-3%);
- сформированные швы отличаются эстетичностью и высоким качеством, плавность перехода к основному металлу;
- рост производительности специалистов по электросварке на 15-20%;
- механические свойства металла, который наплавлен, на высоком уровне, например, значение ударной вязкости при температурах ниже 0° С;
- за счет падения уровня сварочных газов, которые выделяются в процессе сварки, улучшаются санитарно-гигиенических условия труда электросварщиков.

Отрицательные стороны:

- необходимо применять легированную проволоку;
- ограниченная область применения (лишь для малоуглеродистых и низколегированных сталей).



## ***Плазменная сварка***

### Применение:

Она является перспективным способом сварки благодаря высокой скорости, стабильности процесса и значительному сокращению зоны термического влияния. В основном наплавку ведут на переменном токе. Для сварки на постоянном токе обратной полярности понадобятся особые горелки, где принудительно идет охлаждением вольфрамового электрода в усиленном режиме (рисунок 2.4).

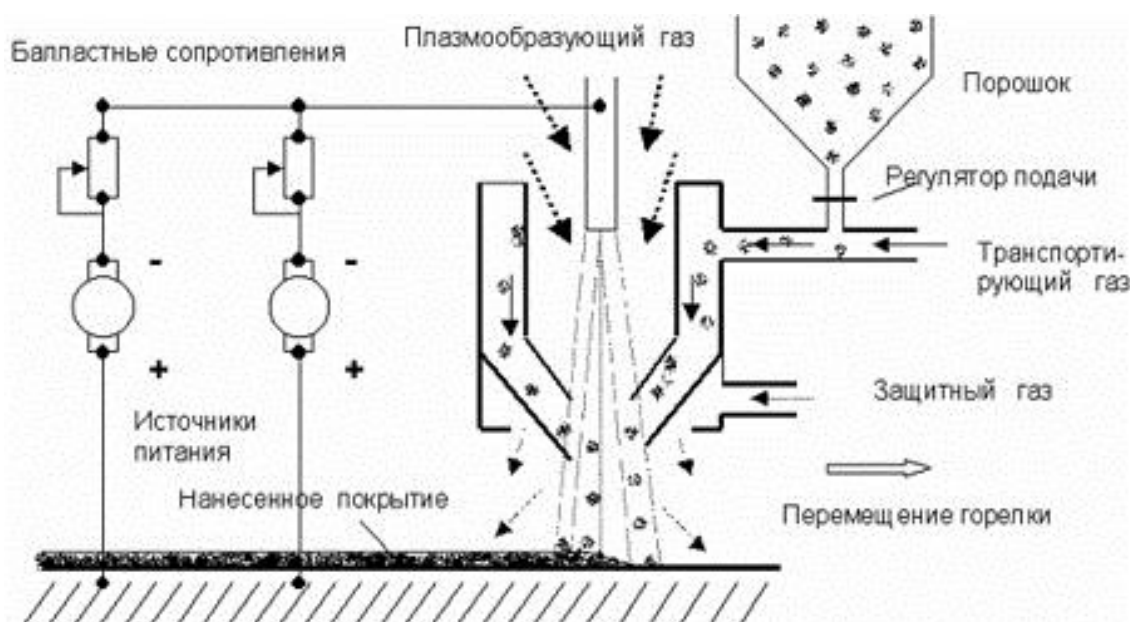


Рисунок 2.4 - Плазменная сварка

- наиболее широко применяется при наплавке как микроплазменная сварка (авиационно-космический комплекс и точное приборостроение);
- широко применяется как высокопроизводительная сварка материалов, производство – серийное и выше.

Высокий уровень производительности (если сравнивать с наплавкой неплавящимся и плавящимся электродами в защитной газовой среде) — факторы, по которым плазменная сварка относится к перспективным технологиям и может показать рост использования в промышленности.

### Плюсы:

- рост производительность на 50-70%, экономия расхода аргона в 4-6 раз, значительно улучшаются качественные характеристики сварных швов;

- расширение технологического потенциала за счет регулировки источника термического воздействия и силового давления на сварочную ванну (благодаря геометрическим параметрам узлов электрода и сопла на плазмотрона);

- на порядок выше концентрация в пятне нагрева по сравнению с наплавкой в защитных газах. Соответственно возможность получения более узких швов и увеличения глубины проплавления, поскольку давление дуги выше.

- дуга по форме близка к цилиндрической, при больших изменениях длины дуги, мало меняется геометрия проплавления;

- в связи с газовой стабилизацией и увеличении температуры столба дуги, повышается пространственная стабильность дугового разряда и соответственно увеличение скорости сварки;

- возможность сварки круговых швов на обечайках без систем регулирования длины дуги;

- уменьшение коробления.

#### Минусы:

- с позиции технологии, основной минус — значительное число факторов, которые оказывают влияние на рабочий режим. Это приводит к тому, что режимы сложно стабилизировать или оптимизировать. Такой недостаток, по большому счету, и стал причиной невысокой популярности сваркой с помощью плазмы;

- технологическая сложность и высокая стоимость оборудования, недостаточный ресурс элементов сопла и электродов, высокий уровень расходов на комплектующие и запасные части.

#### ***Электрошлаковая сварка.***

В основе этого процесса лежит в способности выделять тепло с помощью электроразряда а ванне с жидким флюсом. Такая технология применяется для производства деталей из биметаллов и для того, чтобы получить покрытия с высокой устойчивостью к износу. Процедура сварки идет следующим образом: электроток проходит сквозь жидкий флюс для сварки и провоцирует выделение тепла, которое нужно для того, чтобы расплавить кромки детали и электрод. Электродный стержень направляется в ванну, которая состоит из расплавленного флюсового материала. При этом облатсь ванны ограничивается расплавляемой поверхностью и особой конструкцией для формирования (рисунок 2.5).

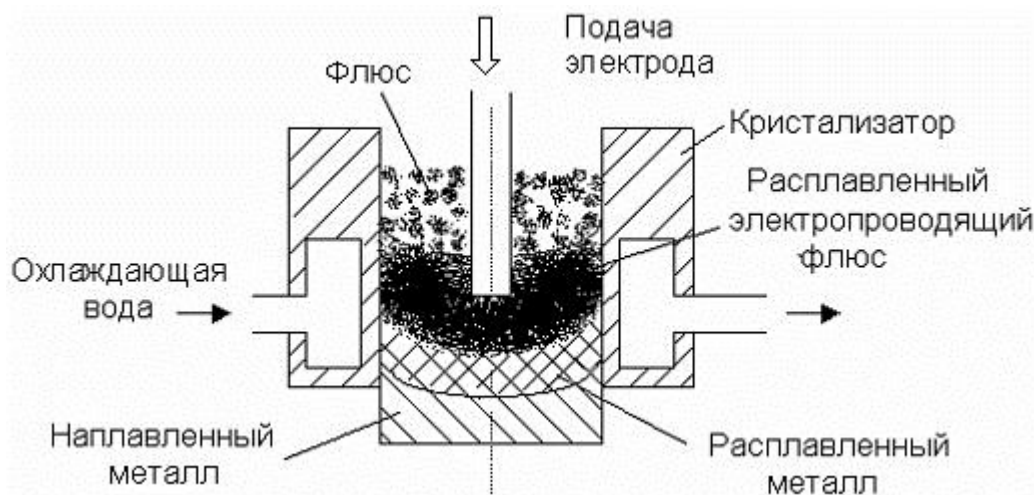


Рисунок 2.5 – Схема электрошлаковой сварки

#### Применение:

Тяжелое машиностроение, энергомашиностроение (изготовление станин прессов, прокатных станов, валов газовых турбин электростанций, лопастей гидротурбин).

#### Преимущества:

- высокая производительность;
- в связи с достаточно равномерным прогревом низкий уровень остаточных напряжений и деформаций;

- возможность металлургической обработки шва (рафинирование, легирование);
- пониженная чувствительность к образованию горячих трещин, вследствие малой скорости перемещения источника нагрева, отсутствия в стыковых соединениях больших угловых деформаций.

Недостатки:

- громоздкое и дорогое оборудование;
- нижний диапазон толщин, начиная с 25 мм;
- необратимые изменения в структуре металла, снижение прочности и пластичности околошовной зоны, вследствие длительного пребывания металла при высоких температурах (1200-1250°C).

### **2.3 Изучение особенностей сварки данного вида изделий**

Технология производства сварных балок очень проста и весьма экономична, в результате чего способна на конкуренцию с балками, изготовленными прокатным методом, по другому называют горячекатанная двутавровая балка.

Процесс изготовления балки можно разделить на две последовательности: создание двутавра, а затем приварка ребер жесткости к стенке или приварка ребер жесткости к стенке, а затем приварка поясков. Чертеж балки под сварку представлен на рисунке 2.

Будет выбран второй процесс последовательности, т.к. значительно легче автоматизировать, что будет эффективнее. С первым могут возникнуть проблемы с поиском нужной головки для сварочного автомата или придется воспользоваться ручной дуговой сваркой, что весьма снижает производительность.

Технология изготовления конструкции включает в себя следующие этапы:

1. Подготовка элементов двутавра, а именно резание металла на полосы;

2. Осуществление процесса фрезерования торцов элементов, входящих в конструкцию. Данная операция проводится для того, чтобы каждый свариваемый элемент легко и эффективно скреплялся с другим, образуя прочное и жесткое соединение, обработка торцов осуществляется на специальном торцфрезерном станке;
3. Далее происходит сборка. Она должна быть очень точной, все детали должны располагаться строго перпендикулярно друг по отношению к другу, а также необходимо соблюдение симметрии. Сборка может осуществляться вручную или с помощью автоматизированных машин;
4. Затем происходит процесс сварки балки;
5. После всех вышеописанных процессов происходит корректировка геометрии конструкции. В процессе сварки угол наклона между стенками может измениться, поэтому необходима их правка. Почти готовая металлическая конструкция подается в специальный правочный станок, который похож на прокатный, деталь проходит через систему роликов и на выходе получается готовый товарный продукт.

1. Что обеспечивает техника, методы и режимы сварки конструкций:

- Достаточный уровень механических характеристики сварных швов, который предусмотрен имеющимся проектированием;
- Металл на сварных швах должен быть однородным и сплошным на достаточном уровне;
- Коэффициент концентрации напряжений на максимально низком уровне;
- Параметры деформированных и смещенных в процессе сварки элементов должны быть минимальными;
- Все наплавленные швы (прохода) должны иметь коэффициент формы в границах от 1,3 до 2,0 (свободным формированием шва при сваривании).

2. Если сварочный процесс организован в холодный период года, важно периодически осуществлять термический контроль. В таком случае, если шовный металл будет осаждаться быстрее расчетного времени (в допустимых значениях для конкретной марки стали) нужно проводить предварительный, текущий или постсварочный подогрев кромок, которые свариваются. Чаще всего при прогревании кромок металл нагревается по всей толщину в обоих направлениях от стыка шириной 10 см.

3. Периодический контроль скорости ветра и его направления — важный фактор при проведении успешных работ по сварке методом открытой дуги. В случае, когда скорость ветра становится выше допустимой нормы, сварочные работы рекомендуется прекратить или обустроить укрывающее сооружение.

4. Обязательное условие проведение сварочных работ — стабильный режим: параметры тока для сварки и сетевого напряжения с подключенным аппаратом не должно колебаться свыше  $\pm 5\%$ .

5. Осадки в виде дождя и снега — недопустимые условия для проведения сварки резервуаров в случае, когда кромка элементов, которые планируется сварить не имеют защиты от попадания воды в сварочную ванну.

6. Шлифмашинка или пневмозубило позволяют механическим способом убрать дефекты с отрезков сварных соединений. Также для этих целей можно воспользоваться воздушно-дуговой строжкой, после чего поверхность реза зашлифовывается.

7. Технология точно прописывает методы и материалы, которыми необходимо заваривать участки сварных соединений с дефектами. Откорректированные отрезки шва следует снова проконтролировать методами физического контроля. В случае, когда на отрезке с исправлениями повторно обнаружены недочеты, технологические операции по ремонту

данного участка подлежит строгому контролю со стороны руководителя сварочных работ.

8. Удалять технологические устройства, которые закреплены к балке сваркой, рекомендуется механическим способом или кислородной резкой. После чего места, где они были приварены, зачищаются до уровня с основным металлом и контролируется гладкость и целостность поверхности на данных участках.

9. На финальном этапе сварочных работ соединения и зоны прилегания очищают от шлаковых остатков и металлических брызг.

10. При сварочных работах сварочная проволока должна подаваться очищенной от загрязнений, обезжиренной уайт-спиритом и прошедшей испытания согласно инструкций на входной контроль.

11. Применяемый флюс должен быть испытан в соответствии с ТУ 108-794-78 и инструкцией на изготовление флюса. Отметка в журнале БТК.

12. Все детали в местах, подлежащих сварке и прилегающим к швам поверхности на ширине не менее 20 мм непосредственно перед сваркой должны быть зачищены и обезжирены уайт-спиритом ГОСТ 3134-78.

13. При выполнении многопроходных швов после каждого прохода сварку следует прекращать до остывания детали в месте сварки до температуры ниже 100 °С.

14. При выполнении швов многопроходной сваркой после каждого прохода необходимо производить тщательную зачистку поверхности валика от шлака и брызг. При этом шов и прилегающая к нему зона основного металла должна подвергаться тщательному внешнему осмотру.

## **2.4 Выбор способа сварки**

Выбор оптимального способа сварки является основным технологическим вопросом при изготовлении сварных конструкций. Главная задача при выборе способа сварки — получение качественного сварного шва.

Сварка балочной конструкции будет производиться автоматической сваркой под слоем флюса.

Трудностей при сварке стали ВСтЗсп не возникает. Склонности к образованию горячих и холодных трещин нет.

Благодаря использованию газовой смеси, которая защищает жидкий металл от атмосферного воздуха, создает условия для устранения газов из сварного соединения в процессе остывания и позволяет легировать наплавленный металл, эта сварочная технология гарантирует надежность и прочность сварных швов и соединений.

Сварочные работы в среде защитных газов имеет ряд достоинств (в отличие от сварочных работ в углекислоте):

- снижается количество образующихся брызг металла с электродов (2-3%);
- сформированные швы отличаются эстетичностью и высоким качеством, плавность перехода к основному металлу;
- рост производительности специалистов по электросварке на 15-20%;
- механические свойства металла, который наплавлен, на высоком уровне, например, значение ударной вязкости при температурах ниже 0° С;
- за счет падения уровня сварочных газов, которые выделяются в процессе сварки, улучшаются санитарно-гигиенических условия труда электросварщиков.

Пример производимых работ представлен на рисунке 2.6





Рисунок 2.6 – Автоматическая сварка под слоем флюса

Сваривать детали в положении “в лодочку” без разделки кромок. Схема изображена на рисунке 2.7

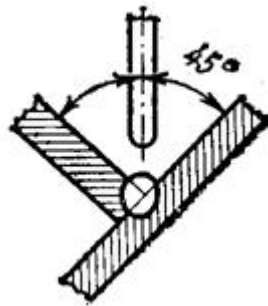


Рисунок 2.7 – форма поперечного сечения

Для сварки принята разделка без скоса кромок Т8 в соответствии с [2].

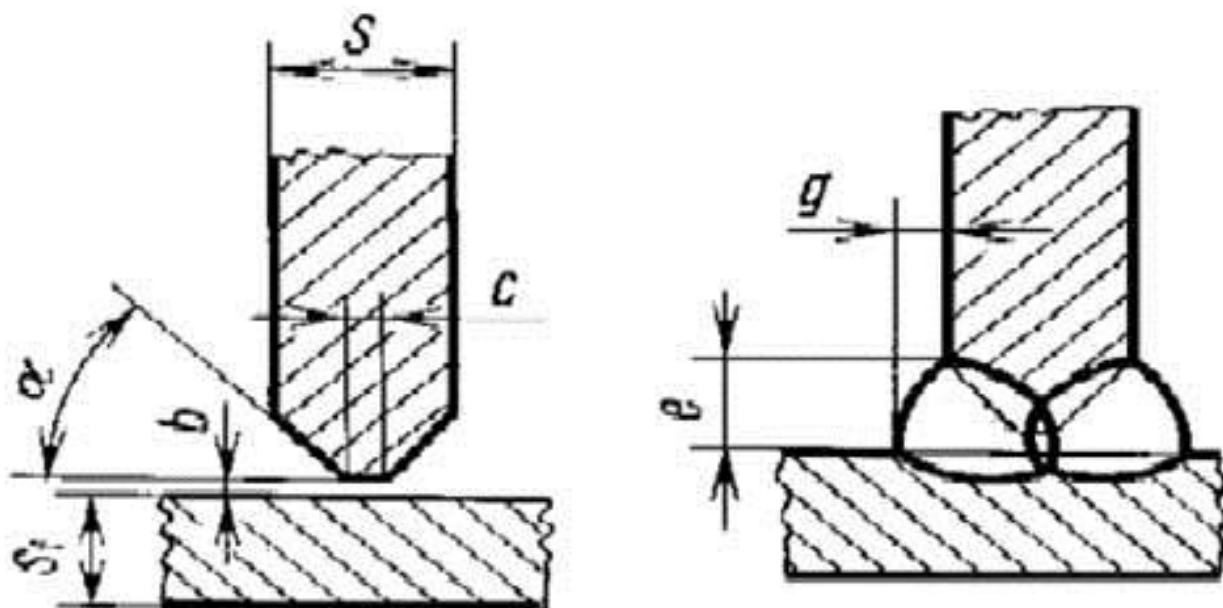


Рисунок 2.8 Конструктивные элементы разделки кромок и сварного соединения при сварке поясков и стенки

Таблица 2.1

Способ сварки	S, мм	S1, мм	b, мм	
			Номин.	Пред. откл.
АФ	20	30	0	+1,5

## 2.5 Обоснование выбора сварочных материалов

Исходя из рекомендаций подходящим вариантом для автоматической сварки под флюсом стали ВСтЗсп является проволока Св-08А в соответствии с [5] и флюс АН-348А в соответствии с [6].

### Характеристика материала Св-08А

Сварочная проволока СВ-08А предназначена для сварки (наплавки) изделий из углеродистых конструкционных сталей типа СтЗпс, СтЗсп, Ст10, 15, 20, 20К и др. в защитных газах, смесях под флюсом. Сварка ацетилено-

кислородным пламенем. В таблице 2 представлен химический состав в соответствии с [5].

Таблица 2.2 – химический состав СВ-08А в %

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
					Не более	
До 0,10	До 0,03	0,35-0,60	До 0,12	До 0,25	0,03	0,03

Механизированная сварка и автоматическая под слоем флюса из низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей, нелегированной и низколегированной проволокой марок СВ-08, СВ-08ГА, S1, S2 — основное предназначение флюса АН-348А. В процессе сварочных работ по данной технологии проволока для сварки и флюс в одно и то же время поступают в область горения дуги, тепловая энергия которой оплавляет кромки основного металла, электрод и частично флюс АН-348А. При этом формируется пузырь из газа, окутывающий зону сварки и наполненный парами металла и флюсовых материалов.

В процессе, когда дуга меняет местоположение, жидкий флюс скапливается на верхней части сварочной ванны, формируя шлаковые остатки. Флюс АН 348А в расплавленном виде представляет собой защиту дуги сварки от влияния воздуха и поднимает качественный уровень шовного металла. Химический состав флюсового материала обозначен в таблице 2.3 [6]

Таблица 2.3 – химический состав флюса АН-348А в %

SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	CaF <sub>2</sub>
40,0-44,0	31,0-38,0	До 12,0	До 7,0	До 13,0	0,5-2,2	До 0,11	До 0,12	3,0-6,0

## 2.6 Обоснование режимов сварки

Рекомендуемый режим автоматической сварки приведен в таблице 2.4

Таблица 2.4 - Режим автоматической сварки

Режим сварки								
$S$ , мм	$b$ , мм	$d_э$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_д$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$Q_г$ , л/мин	Род тока	Число проходов
20	$0^{+0,5}$	3	$260 \pm 10$	20	30	12	постоянный, прямой полярности	2

Символьное обозначение:  $S$  – толщина металла,  $b$  – зазор,  $d_э$  – электродный диаметр,  $I_{св}$  – сварочный ток,  $U_д$  – напряжение на дуге,  $V_{св}$  – скорость сварки,  $Q_г$  – затраты газа.

Если совершается сварка со множеством проходов, наплавленный металл на конкретных швах рекомендуется рассчитывать отдельно (например, заполняющих, облицовочных, корневых и другие). Такая расчетная методика также подойдет для выявления сварочного режима угловых соединений с одним проходом на тавровых стыках, если по регламенту не требуется проплавливать стенку.

1. Рекомендованный алгоритм расчета показателей сварочного режима:

- 1) диаметр электродной проволоки  $d_{э.п}$ ;
- 2) скорость, с которой ведется сварочная работа сварки  $V_C$ ;
- 3) скорость, с которой подается электродная проволока  $V_{э.п}$ ;
- 4) сварочный ток  $I_C$ ;
- 5) напряжение на сварочной дуге  $U_C$ ;

С учетом типа сварки и характеру свариваемого материала принимаем следующие сварочные материалы:

1. Сварочная проволока Св-08ХМ.

Формула расчета диаметра электродной проволоки, мм:

$$d_{э.нi} = K_d \cdot F_{нi},$$

Формула определения суммарной площади металла, который наплавлен:

$$F_n = 0,735 \times e \times g + F'$$

где e-ширина шва, мм;

g - высота усиления, мм;

F' - площадь разделки, мм<sup>2</sup>.

$$F_n = 0,735 \times 20 \times 2 + 1 = 30 \text{ мм}^2$$

По таблице 2.5. подбирается коэффициент  $K_d$  с учетом сварочной методики и специфики подаваемого тока:

Таблица 2.5 - Значение коэффициента  $K_d$  при дуговой сварке под флюсом

Род тока	Значение коэффициента $K_d$ для сварки	
	автоматической	механизированной
Переменный	0,036...0,160	0,036...0,080
Переменный	0,040...0,173	0,040...0,086

$$d_{э.нi} = 0,05 \cdot 30 = 1,5$$

Принимаем диаметр электродной проволоки

$$d_{э.п} = 1,6 \text{ мм.}$$

Расчет скорости, с которой производятся сварочные работы, производится с учетом типа тока: переменный или постоянный обратной полярности, мм/с:

$$V_{ci}^{(-)} \leq 110 \frac{d_{э.нi}}{F_{нi}},$$

$$V_{ci}^{(-)} \leq 110 \frac{1,6}{30} = 5,8$$

$$V_{ci}^{(+)} \leq 110 \frac{d_{э.нi}}{F_{нi}},$$

$$V_{ci}^{(+)} \leq 110 \frac{1.6}{30} = 5.8$$

Принимаем  $V_C = 6$  мм/с.

Определение скорости, с которой подается проволока электрода, идет по зависимости, мм/с:

$$V_{э.ни} = \frac{F_{ни} \cdot V_{ci}}{F_{э.ни}} = \frac{4 \cdot F_{ни} \cdot V_{ci}}{\pi \cdot d_{э.ни}^2},$$

$$V_{э.ни} = \frac{4 \cdot 30 \cdot 6}{\pi \cdot 1.6^2} = 90 \text{ мм/с}$$

Определение тока для сварки идет с учетом типа тока: переменный или постоянный обратной полярности, А:

$$I_{ci}^{(-)} = d_{э.ни} (\sqrt{450 \cdot d_{э.ни} \cdot V_{э.ни} + 5185} - 72),$$

$$I_{ci}^{(-)} = 1.6 (\sqrt{450 \cdot 1.6 \times 90 + 5185} - 72) = 102$$

$$I_{ci}^{(+)} = d_{э.ни} (\sqrt{1450 \cdot d_{э.ни} \cdot V_{э.ни} + 145150} - 382)$$

$$I_{ci}^{(+)} = 1.6 (\sqrt{1450 \cdot 1.6 \times 90 + 145150} - 382) = 180 \text{ А.}$$

Расчетный сварочный ток не должен выходить за пределы ограничений  $I_C \leq (180 \dots 190) \cdot d_{э.п}$  для угловых швов и  $I_C \leq 230 \cdot d_{э.п}$  – для стыковых.

$$180 \leq 368$$

Условие выполнено

Напряжение на сварочной дуге определяется по формулам и

$$U_c = 22 + 0,02 \cdot I_c,$$

$$U_c = 22 + 0,02 \cdot 180 = 25 \text{ В}$$

Вылет электрода

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi \cdot 0,01), \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Значение коэффициента  $\alpha_p$  зависит от режима сварки

$$\alpha_p = 7 + 0.0702 \times 180 \times 1.6^{-1.35} = 10 \text{ - коэффициент расплавления, г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_n = 10 \cdot (1 - 0.8 \cdot 0,01) = 10, \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$\psi$  – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание, %

$\psi = 0$  (при сварке под флюсом);

Основные параметры сварки на принятом режиме:

- Погонная энергия сварки

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{э}}{V_{св}}, \text{ Дж/см}$$

где  $\eta_{э}$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

$\eta_{э} = 0,85$  (для сварки под флюсом);

$$q_n = \frac{180 \cdot 25 \cdot 0,85}{6} = 637, \text{ Дж/см}$$

Коэффициент формы проплавления определяют по формуле

$$\varphi_{np} = k' \times (19 - 0,01 I_{св}) \times \frac{d_{эл} \times U_{д}}{I_{св}},$$

где  $k' = 0,367 \times j^{0,1925} = 0,367 \times 14,01^{0,1925} = 0,95$ ;

$$\varphi_{np} = 0,95 \times (19 - 0,01 \times 440) \times \frac{2 \times 34}{440} = 2,1;$$

Глубину проплавления определяют по формуле

$$h_p = 0,0076 \times \sqrt{\frac{q_n}{\varphi_{np}}}, \text{ см};$$

$$h_p = 0,0076 \times \sqrt{\frac{15747}{2,1}} = 0,62 \text{ см} = 6,2 \text{ мм};$$

Проверка:  $\Delta h_p = \frac{6 - 6,2}{6} \times 100\% = -3,3\%$ .

Ширину шва определяют по формуле

$$e_p = h_p \times \varphi_{np}, \text{ см}$$

$$e_p = 6,2 \times 2,1 = 13,6 \text{ мм}.$$

Проверка:  $\Delta e_p = \frac{14 - 13,6}{14} \times 100 = 2,1\%$ .

Скорость подачи электродной проволоки определяют по формуле

$$V_{III} = \frac{I_{св} \times U_{эл}^{\text{эф}} + I_{св}^2 \times R_{б.л.л}}{F_{эл} \times \gamma_{эл} \times \Delta h}, \text{ см/с}$$

где  $U^{\text{эф}}$  - эффективное падение напряжения в активном пятне, В,

$$U_{\text{ЭЛ}} = (U_a U_k) / 2 = (5 + 14) / 2 = 9,5 \text{ В};$$

$F_{\text{эл}}$  - площадь электрода,  $\text{см}^2$ ,

$$F_{\text{эл}} = \Pi d^2 / 4 = 3,14 \times 2^2 / 4 = 3,14 \text{ мм}^2;$$

$R_{\text{ввл}}$  - сопротивление вылета электрода, Ом,

$$R_{\text{ввл}} = \rho \times l_{\text{ввл}} / F_{\text{эл}},$$

где  $\rho$  - удельное электросопротивление электродного металла,

$$\rho = 330 \text{ Ном} \times \text{м};$$

$$R_{\text{ввл}} = 330 \times 0,021 \times 10^{-9} / (3,14 \times 10^{-6}) = 0,0022 \text{ Ом};$$

$\gamma_{\text{эл}}$  - плотность электродного металла,  $\text{г/см}^3$ ,  $\gamma_{\text{эл}} = 7,8 \text{ г/см}^3 \%$

$\Delta h$  - изменение энтальпии,  $\Delta h = 2100 \text{ Дж/г}$ .

$$V_{\text{III}} = \frac{440 \times 9,5 + 440^2 \times 0,0022}{3,14 \times 10^{-2} \times 7,83 \times 2100} = 8,9 \text{ см/с} = 321,1 \text{ м/ч}$$

Площадь сечения (шов без разделки) определяют по формуле

$$g = \frac{F_H - F_p}{0,735 \times e_p}, \text{ мм}$$

$$g = \frac{37,3 - 14}{0,735 \times 13,6} = 2,3 \text{ мм}$$

Высота шва (шов без разделки) определяют по формуле

$$H = h_p + g, \text{ мм}^2$$

$$H = 6,2 + 2,3 = 8,5 \text{ мм}$$

Коэффициент остроты шва определяют по формуле

$$k = \frac{4 \times (\text{In} h_p'' + 3,5)}{e_p^2}$$

где  $h_p''$  и  $e_p'$  - глубина проплавления и ширина шва, см

$$h_p'' = H - q = 12,23 - 3,87 = 8,36 \text{ мм}$$

$$k = \frac{4 \times (\text{In} 8,36 + 3,5)}{18,7^2} = 0,064$$



Площадь проплавления основного металла определяют по формуле

$$F_{np} = h_p \times \sqrt{\frac{\pi}{k}} - F_{\Delta}, \text{см}^2$$

$$F_{np} = 8,36 \times \sqrt{\frac{3,14}{0,064}} - 0 = 0,784 \text{см}^2 = 58,56 \text{мм}^2$$

Доля участия основного металла в шве определяют по формуле

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_H} \times 100\%, \text{мас.}\%$$

$$\gamma_0 = \frac{58,56}{58,56 + 53,25} \times 100\% = 52,37\%.$$

Принимаем следующие режимы сварки

- 1) диаметр электродной проволоки  $d_{\text{э.п}}=1,6$  мм.
- 2) скорость сварки  $V_C=6$  мм/с.
- 3) скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{э.п}}=90$  мм/с.
- 4) сварочный ток  $I_C=180$  А.
- 5) напряжение на сварочной дуге  $U_C=25$  В.

## 2.7 Выбор сварочного оборудования

Выбираем комплект установки для сварки под слоем флюса сварочный трактор АДФ-630. Характеристики представлены в таблице 2.7

Таблица 2.7 – технические характеристики сварочного трактора АДФ-630

Наименование параметра	Значение
напряжение питания сварочного трактора, частота 50 Гц, В	42
диаметр электродной проволоки, мм	1,6 – 3,2
скорость подачи электродной проволоки, м\ч	120 – 720
скорость сварки, м\ч	12 – 120
угол поворота сварочной головки относительно вертикальной оси, °	±90
угол поворота сварочной головки вокруг горизонтальной оси, °	±45
угол наклона токоподвода относительно вертикальной оси, °	+45 («углом вперёд») -30 («углом

	назад»)
ход вертикального/горизонтального суппорта, мм	100/100
межосевое расстояние колёс, мм	240
колёсная колея, мм	206
максимальный боковой наклон трактора, °	25
вместимость кассетного устройства, не более, кг	15
мощность, потребляемая трактором и блоком управления, ВА	400
масса пульта управления, кг, не более	1,6
габаритные размеры пульта управления, мм, не более	260x165x120
масса блока управления, кг, не более	12
габаритные размеры блока управления, мм, не более	300x300x310
масса трактора, кг, не более	32
габаритные размеры трактора, не более	680x385x630
ёмкость бункера для флюса, дм <sup>3</sup>	3

Продолжение таблицы 2.7 – технические характеристики сварочного трактора АДФ-630

Источник питания ВС-600 С. Характеристики представлены в таблице 2.8

Таблица 2.8 – технические характеристики источника питания ВС-600 С.

Наименование параметра	Значение
Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	630 (100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	100-700
Номинальное рабочее напряжение, В	45
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	19-49
Напряжение холостого хода, В, не более	65
Количество ступеней регулирования	28 (4x7)
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА,	47
Масса, кг, не более	280
Габариты, мм, не более	845x605x765

На рисунке 2.8 представлен внешний вид сварочного оборудования.



Рисунок 2.8 – комплект оборудования для сварки под флюсом

## **3 Разработка технологии изготовления сварной конструкции**

### **3.1. Заготовительные операции**

Ориентация на максимально проработанные методы операций по заготовке с высоким уровнем производительности — важнейший фактор выбора заготовительной технологии. Рекомендуется остановить выбор на способе раскроя металла, гарантирующим, что образуется минимум отходов.

Операция 005 Заготовка:

#### **1. Газорезательная**

Воздушно-плазменная резка. В качестве плазмообразующего газа используется сжатый воздух. Преимущества воздушно-плазменной резки по сравнению с механизированной кислородной и плазменной в инертных газах следующие; простота процесса резки, применение недорогого плазмообразующего газа — воздуха, высокая чистота реза, пониженная степень деформации, меньшая ширина реза, более устойчивый процесс, чем при резке в водородосодержащих смесях.

Область применения — для раскроя углеродистых, низколегированных и легированных сталей, а также цветных металлов толщиной до 80 мм. При этом скорость резки возрастает в 2-3 раза по сравнению с газокислородной резкой.

#### **2. Кромкострогальная**

Кромки свариваемых элементов обрабатывают для получения заданной геометрической формы и обеспечения операционных допусков путем удаления слоя металла. Операция проводится с помощью фаскоснимателя, который позволяет производить двухстороннюю разделку кромок. Качество обработки кромок фаскоснимателем грубое, поэтому требуется последующая механическая обработка. При необходимости делают обезжиривание свариваемых кромок.

Для данной операции используется фаскосниматель СНР-12 INV, предназначенный для того, чтобы снимать на листах стали сварочные фаски, а также разделять кромки на одной или двух сторонах. Подающая скорость приравнивается к скорости, с которой фреза вращается. Скалывая особой фрезой кромочную часть, в итоге обработки получается поверхность грубого качества.

Таблица 3.1 Технические характеристики фаскоснимателя СНР-12 INV

Мощность двигателя, л/с	3
Количество оборотов в минуту, об/мин	1400
Макс. Скос глубины с материалами 40 кг в один единый прогон, мм	12
Минимальная толщина листа, мм	6
Максимальная толщина листа, мм	40
Длина снятия фаски за минуту, м	2,6
Минимальная ширина плиты, мм	55
Вес машины, кг	65

#### Особенности:

Фаскосниматель подается в режиме автомата для обеспечения одинаковой фасочной ширины по всей длине детали, которая обрабатывается.

В случае, когда планируется обработать крупногабаритную заготовку или конструкцию (как вариант, стальной лист), фаскосниматель фиксируется непосредственно на обрабатываемом металле без использования специальных крепежей. У оператора в таких условиях одна задача: задать направление движения фаскоснимателя на старте и открепить его на финише.

В случае, когда на листе требуется сделать двусторонние фаски, после прохода фаскоснимателя по верху детали, его легко переворачивают и отправляют в противоположную сторону.



Рисунок 3.1 - Кромкоскалывающая машина для обработки кромок на листовой стали CHP-12 INV

Используя специальное крепление, фаскосниматель может обрабатывать наружную кромку трубы диаметром от 100 мм и снимать фаску под углом 22.5, 30.0, 35.0, 37.5, 45°.

CHP-12 INV - это перевернутая версия самой универсальной машины CHP-12. Она универсальна, гибка, легко транспортируется на собственной тележке и готова сделать скосы на нижней части плиты. Эта машина выполняет фаску за 2,6 м/мин для получения конических сварных швов 12 мм в плитах толщиной до 40 мм и 40Кг/мм<sup>2</sup> твердостью.

### **3.2 Разработка технологии сборки и сварки**

Детали из заготовительного цеха поступают в сборочно-сварочный цех.

На стартовой точке производится 10% входной контроль изделий, которые должны получиться. После этого их перевозят к заданным рабочим участкам.

#### 005 Слесарная

Кромки деталей, которые прилегают к поверхности, зачищаются на ширину 20-30 мм пока металл не начнет блестеть.

#### 010 Малярная

Кромки, торцы и поверхность около шва, которые будут свариваться, обезжириваются с обеих сторон.

#### 015 Сборка

Поставить полки в приспособление. Выверить, закрепить с помощью приспособления.

#### Прихватить

#### 020 Прихватка

#### 025 Сварка

#### 030 Слесарная.

Металлические капли, оставшиеся после сварочных работ, удаляются с поверхности узла, подтеки и наплывы металла на швах зачищаются, а также на поверхности около шва. Идет проверка габаритов, определяются поводки после сварки узла.

#### 075 Контрольная.

Проводится визуальный осмотр внешней части изделия, проверяются его габариты, оценивается степень соответствия требованиям нормативной технической документации.

### **3.3 Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними**

Повреждения внутри изделий, не допускаемые при формировании сварного шва:

- растрескивания любых типов и во всех направлениях, в том числе микроскопические трещины, которые выявляются при микроисследовании;
- свищевые деформации;
- сверхнормативное смещение основного и плакирующего слоев в сварных швах сталей с 2-я слоями (если это не предусмотрено данным стандартом);
- непровары (несплавления), которые обнаружены в сечении сварного шва;

При этом существует допущение для локального непровара внутри, находящегося в зоне, где смыкаются корневые швы, на глубине не больше 10% от толщины корпусной стенки, но не более 2 мм, и общей длиной не более 5% протяженности соединения шва:

- в угловых и тавровых сварных соединениях двустороннего типа, когда полностью проплавляются патрубки с внутренним диаметром не более 25 см;
- в сварных соединениях емкостей 2, 3, 4, 5-й групп, которые предназначены для функционирования в средах, не образующих коррозию под воздействием водорода и сероводорода.

Существует допущение непровара в шовном корне глубиной (высотой) не более 10% от номинальной толщины компонентов, которые соединяются но не более 2 мм, и общей длиной не более 20% от протяженности соединения:

- в сварных соединениях в виде кольцевых стыков, которые можно сварить лишь с одной стороны и которые выполняются без кольца-подкладки, емкостей 4-й и 5-й групп, которые предназначены для функционирования при температуре выше 0 °С, а также в змеевиках;
- в угловых сварных швах емкостей 4-й и 5б групп, которые предназначены для функционирования при температуре выше 0 °С.



### 3.4 Технический контроль качества и исправление брака

Входной, операционный и приемочный — типы технического контроля, подразделяемые на сварочном производстве.

1. *Входной контроль* — здесь контролируют основные и сварочные материалы и заготовки, которые предназначены для применения при производстве металлоизделий. Кроме того, здесь предварительно контролируется оборудование для сварки и квалификационный уровень специалистов. Основная задача контроля на этом уровне — избежать риска применения продукции низкого качества, которая поступила от поставщика на производственное предприятие.

2. *Предварительный контроль* — нацелен на то, чтобы оценить уровень готовности оборудования для сварки к работе и допустить специалистов по производству к реализации работ по сварке.

3. *Операционный контроль* — система, включающая в себя процедуру контроля технологического процесса и выпущенного изделия в ходе реализации и на финальной стадии технологической операции. Сварочный процесс контролируется следующим образом: оценивается корректность подготовки деталей для сварки, как они собраны для этого, отслеживается непосредственно ход сварочных работ и соответствие нормам сварных швов, которые получены в результате.

4. *Приемочный контроль сварных изделий* — включает в себя визуальную оценку внешней части изделия и оценку его габаритов, а также испытательные процедуры. На этом этапе идет проверка того, насколько выпущенное изделие соответствует стандартам и нормативам, прописанным в технической документации, после чего идет принятие решения о том, пригодна ли она к практическому применению.

*Контроль основных материалов* — подразумевает проверку степени соответствия сертификата, маркировки завода-производителя и его товарного знака.

В сертификате должны быть указаны марка стали и химический состав, номер плавки, вес и номер партии, результаты всех испытаний, которые соответствуют стандарту на материал, номер стандарта, тип профиля и параметры.

После того, как сертификат проконтролирован, сталь осматривают для того, чтобы обнаружить повреждения и недочеты на поверхности, деформации и прочее. выявления поверхностных дефектов и повреждений, искажения формы и др.

*Контроль сварочных материалов* — проводится по схожей схеме с предыдущим и состоит из:

- оценки наличия сертификата;
- оценки целостности упаковочного материала и наличия на ней этикеток;
- визуальный осмотр внешней части;
- проведение пробной сварки для того, чтобы испытать получаемые сварные швы (испытание технологических качеств сварочных материалов, к которым относятся проволока для присадки, флюсовые материалы, электродные стержни и газы для создания защитной среды).

Для полуавтоматической сварки металлоконструкций в сварочной смеси из малоуглеродистых и низколегированных сталей следует применять:

- смесь сварочную М 21 с содержанием 80%Ar+20%CO<sub>2</sub> по ГОСТ 8050-76
- сварочную проволоку по ГОСТ 2246-70, марок СВ-08Г2С или аналогичную импортного производства имеющую аттестацию установленного порядка.

При поступлении на предприятие сварочных материалов проверяется:

- наличие сертификата, полнота приведенных в них данных и соответствия этих данных ГОСТам.

- Наличие маркировки, этикеток или бирок на упаковках и полнота указанных на них данных.

- Сохранность упаковок и самих материалов.

Руководитель сварочного цеха (участка) вместе с ОПКП принимает решение о применении сварочных материалов, если были обнаружены признаки повреждения упаковочной тары или самих материалов.

Сварочная проволока, поставляется в кассетах, на упаковке которой указаны марки, номера плавки и диаметр проволоки.

Сварочные материалы следует хранить и транспортировать в условиях, исключающих их механическое повреждение и переувлажнение. Хранение сварочной проволоки должно осуществляться в сухих теплых помещениях при температурных показателях не ниже  $+ 15^{\circ} \text{C}$  и относительной влажности воздуха 55%, на стеллажах.

Сварочная проволока перед выдачей на производственный участок осматривается. Окалины, следы коррозии и смазочных материалов, заусенцы, вмятины и прочие недочеты и деформации недопустимы на проволоочной поверхности.

Контроль сварочно-технологических свойств сварочных материалов осуществляется путем сварки контрольных (допускных) стыков. Сварку допускных стыков производит аттестованный сварщик в присутствии руководителя сварочных работ. Контроль качества допускных стыков осуществляется в следующем порядке:

- визуально-измерительный контроль;
- рентгенографический контроль;
- механические испытания.

*Контроль квалификации сварщиков*

Сварщики должны быть аттестованы на I уровень профессиональной подготовки и иметь аттестационное удостоверение, в котором указывается следующая информация:

- Способ сварки (МП)
- Наименование изделий, к сварке которых допущен сварщик  
Группа сталей, к сварке которых допущен сварщик (M01)

Положение шва при сварке: нижнее, вертикальное

Сварщик может быть допущен только к тем видам работ, которые указаны в его удостоверении. Если работы, поручаемые сварщику, не указаны в его удостоверении, а также если сварщик имеет перерыв в выполнении сварочных работ более 6 месяцев, то он должен пройти дополнительную аттестацию и получить новые допуски.

Срок действия удостоверения (первичной аттестации) сварщика – 2 года. По истечении срока первичной аттестации срок действия удостоверения может быть продлен по ходатайству предприятия-работодателя на 1 год, но не более 2-х раз подряд.

По окончании срока действия первичной аттестации сварщик должен пройти периодическую аттестацию.

Если сварщик был отстранен от выполнения сварочных работ за нарушения технологии их выполнения или за повторяющееся неудовлетворительное качество сварных соединений, то он должен быть подвергнут внеочередной аттестации.

Кроме того, сварщик должен иметь в обязательном порядке:

- Квалификационный разряд в соответствии с «Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих» (для сварки металлоконструкций грузоподъемных кранов не ниже 4-го разряда)
- Квалификационную группу по электробезопасности не ниже 2 (для электросварщиков)

- Сдать экзамены по технике безопасности при производстве работ и по противопожарной безопасности.

Сварщик, впервые приступающий в данной организации к сварке, должен сварить допускной (пробный) стык, аналогичный (или однотипный) производственным стыкам, которые ему предстоит варить в процессе выполнения производственных работ.

Методы и объемы контроля и норм оценки качества допускных стыков должны соответствовать производственным стыкам, контроль качества должен проводиться согласно требованиям РД 36-62-00; ПБ 10-382-00.

После проведения контроля допускного стыка составляется протокол, являющийся основанием для допуска (или не допуска) сварщика к работе. Основанием для выполнения сварщиком производственных работ является приказ по предприятию о допуске сварщика, в котором ему также присваивается личное клеймо.

К руководству и техническому контролю за проведением сварочных работ могут быть допущены специалисты сварочного производства II, III, IV уровней квалификации в соответствии с требованиями «Правил аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства», имеющие удостоверения НАКС установленного образца, в которых указывается перечень объектов, подконтрольных Госгортехнадзору России, на которых специалист может руководить сварочными работами и контролировать качество их выполнения. Специалист сварочного производства должен быть аттестован на знание требований и норм в области промышленной безопасности.

#### *Контроль заготовок и сборки их под сварку*

Обрабатывать прокат без предварительной правки разрешается лишь в том случае, если отклонение геометрически правильных форм в нем не превышает следующих допусков:

Зазор между листом и стальной линейкой длиной 1 метр

для толщины листа до 10 мм – 1,5 мм.,

для толщины с 10 до 20 мм – 2,0 мм.,

свыше 20 мм – 2,5 мм.,

Зазор между натянутой струной и обушком угольника, полкой или стенкой швеллера и двутавра  $0,002 L$  но не более 14 мм ( $L$  – длина элемента)

Кривизна труб не должна превышать  $1/1000$  длины деталей и быть не более 4 мм для труб диаметром до 200 мм и не более 6 мм для труб диаметром свыше 200 мм.

Правка проката должна осуществляться на вальцах, прессах или других устройствах обеспечивающих плавность приложения нагрузок.

Поверхность проката после правки не должна иметь вмятин, забоин и других повреждений.

Качество поверхности после правки должно отвечать требованиям государственных стандартов на прокат.

Правку проката путем наплавки валиков дуговой сваркой запрещается.

Детали, подаваемые на сборочные операции должны быть сухими, чистыми и выправленными.

Резку деталей из листового металла производить портальной установкой газовой и плазменной резки и полуавтоматической машиной для кислородной резки типа IMP. Для уменьшения короблений при резке детали длиной 6000 мм рез производить обратноступенчатым способом, длиной каждого участка 950 мм оставляя между участками переемычки длиной 50 мм. После полного остывания заготовки, переемычки удалить обычным газовым резаком. При необходимости заготовку править.

Кромки заготовок деталей после кислородной резки должны быть зачищены от грата, шлака, брызг и наплывов металла и не иметь зарезов, в целом занимающем более 20% общей длины кромки. Длина одного зареза допускается не более 150 мм, глубина не более 2 мм. Непрямолинейность реза более 1 мм и наплывы должны быть удалены и зачищены.

Кромки заготовок деталей, отрезанные ножницами, не должны иметь заусенцев и завалов, превышающих 1 мм, а также трещин и расслоений.

После машинной резки при высоте неровностей реза, меньшей и равной 0,3 мм, обработку кромок разрешается не производить.

### 3.5 Нормирование технологического процесса

Под технологическими нормами времени понимают продолжительность времени, необходимого для дополнения операции в условиях, для нее предусмотренных.

Сборка.

Исходные данные для сборки:

Детали для сборки расположены на стеллажах.

Масса деталей свыше 5 кг.

Определение основного времени сборки корпуса и входящих в него сборочных единиц [10]

$$t_o = 0,5 \text{ часа ( по таблицам)}$$

Определение вспомогательного времени

$$t_{ec} = 0,15 \times 0,5 = 0,075 \text{ часа}$$

Оперативное время сборки:

$$t_{on} = t_o + t_{ec} = 0,5 + 0,075 = 0,575 \text{ часа}$$

Время обслуживания рабочего места:

$$t_{обсл.} = 0,02 t_{on} = 0,02 \times 0,575 = 0,01 \text{ часа}$$

Время на отдых:

$$t_{отд.} = 0,03 t_{on} = 0,03 \times 0,575 = 0,017 \text{ часа}$$

Штучное время сборки:

$$t_{ш} = (t_o + t_{ec}) + t_{обсл.} + t_{отд.} ,$$

$$t_{шсб} = (0,5 + 0,075) + 0,01 + 0,017 = 0,6 \text{ часа}$$

Исходные данные для сварки:

Толщина металла – 20 мм.

Диаметр варочной проволоки – 1,2мм.

Условия работы – стационарное

Масса узла 41кг.

Количество изделий – 1 шт.

Работа – простая

Положения шва – нижнее, вертикальное

Определим нормы времени на сварочные операции.

Определение основного времени сварки:

$$\text{№1- } t_o = \frac{l_w}{V_{св}} = \frac{4.6}{18} = 0.25 \text{час}$$

$$\text{№2- } t_o = \frac{l_w}{V_{св}} = \frac{0.8}{18} = 0.04 \text{часа}$$

$$\text{№3- } t_o = \frac{l_w}{V_{св}} = \frac{0.8}{24} = 0.03 \text{часа}$$

Вспомогательное время, зависящее от длины шва:

$$t_{св} = (0.25 + 0.04 + 0.03) \times 0.15 = 0.056 \text{часа}$$

Оперативное время сварки:

$$t_{он} = t_o + t_{св} = 0.375 + 0,056 = 0.43 \text{часа}$$

Время обслуживания рабочего места:

$$t_{обсл.} = 0,04 t_{он} = 0,04 \times 0.43 = 0,02 \text{мин}$$

Время на отдых:

$$t_{отд.} = 0,06 t_{он} = 0,06 \times 0.43 = 0,026 \text{мин}$$

Штучное время сварки:

$$t_{ш} = \kappa \times (t_o + t_{св}) + t_{обсл.} + t_{отд.}, \text{ где}$$

$$\kappa = \kappa_1 \times \kappa_2, \text{ где}$$

$\kappa_1$ -поправочный коэффициент, зависящий от способа сварки, типа соединения, толщины металла и положения шва в пространстве,  $\kappa_1 = 1$



$K_2$ - поправочный коэффициент, зависящий от типа производства,  
 $K_2 = 0,85$

$$t_{исс.} = 0,85 \times (0,375 + 0,056) + 0,02 + 0,026 = 0,41 \text{ часа}$$

Штучное время сборки-сварки:

$$t_{шт} = t_{шт.сб.} + t_{шт.св.} = 1,8 + 0,41 = 2,2 \text{ часа}$$

### 3.6 Оценка технологичности конструкции

Двутавровая балка имеет прямолинейные швы, что обеспечивает правильность геометрической формы сварных швов и доступность мест сварки.

Такая форма сварных швов позволяет наиболее просто механизировать сварочные работы с помощью типового сварочного оборудования, которое изготавливается серийно и может быть куплено и оперативно введено в действие.

Исходя из конструктивных особенностей балки, конструкцию можно считать достаточно жесткой.

Данная конструкция позволяет использовать высокопроизводительные автоматические и механизированные способы сварки.

Коэффициент использования основного металла для корпуса составляет 70%, что говорит о технологичности данного изделия.

Конструкцию вполне обосновано можно разбить на сборочные узлы: обечайка и обечайка с днищем, что при соблюдении технологического процесса обеспечивает свободный доступ к сварным соединениям и позволяет применять механизированные способы сварки.

Форма и размеры данной конструкции позволяет производить ее в заводских условиях.

Вывод: Конструкция удовлетворяет всем требованиям технологичности, применяется автоматическая сварка в среде защитных

газов, конструкция легко членится на узлы, основной материал имеет хорошую свариваемость, все узлы доступны для сборки и сварочных работ. Поэтому конструкция достаточно технологична.

## **4. Конструкторская часть**

### **4.1. Общая характеристика механического оборудования, необходимого для обеспечения технологического процесса**

Для того, чтобы установить или переместить свариваемое изделие в максимально комфортное для проведения операции согласно технологии положение требуется механическое оборудование, обеспечивающее 1,2 или 3 движения изделия, которое сваривается.

Сборочно-сварочный инструментарий — важнейшее оснащение участка для сварки. Основные задачи такого инструментария:

- обеспечить заданное взаимное расположение деталей во время сварки;
- снизить уровень трудоемкости работ;
- повысить производительности труда;
- сократить время цикла производства;
- сделать условия труда легче;
- повысить точность сварочных работ;
- повысить качественный уровень готовых изделий;
- сохранить определенную формы свариваемых изделий за счет закрепления их для того, чтобы при сварочных работах снизить риск деформаций.

Роликовые опоры, кантователи и поворотные кондукторы — главная оснастка, позволяющая вращать и поворачивать изделия на сборочной стадии и в процессе сварки. Кондукторы делают фиксацию деталей в заданном положении на сборочном этапе гораздо легче, манипуляторы в свою очередь упрощают фиксацию частей изделия в любое положение, чтобы производить сварочные работы было удобнее. удобное для сварки. При серийном и массовом производстве кондукторы и манипуляторы получили широкое применение.

Горизонтальные вращатели для сварки необходимы для того, чтобы для вращать свариваемое изделия со скоростью сварки вокруг оси по горизонтали при автоматической и механизированной сварке кольцевых соединений в режиме, который обеспечивает автоостановку вращателя, когда сварочный цикл подойдет к концу. Также вращатели нужны для фиксации изделия на маршевой скорости в том положении, которое будет удобно для сваривания продольных соединений.

#### 4.2. Компоновка установок из унифицированных узлов

Выполнение швов «в лодочку» (на стапелях под углом  $45^\circ$ ) обеспечивает лучшие условия формирования шва и глубины проплавления стенки. Схема сварки изображена на рисунке 41.

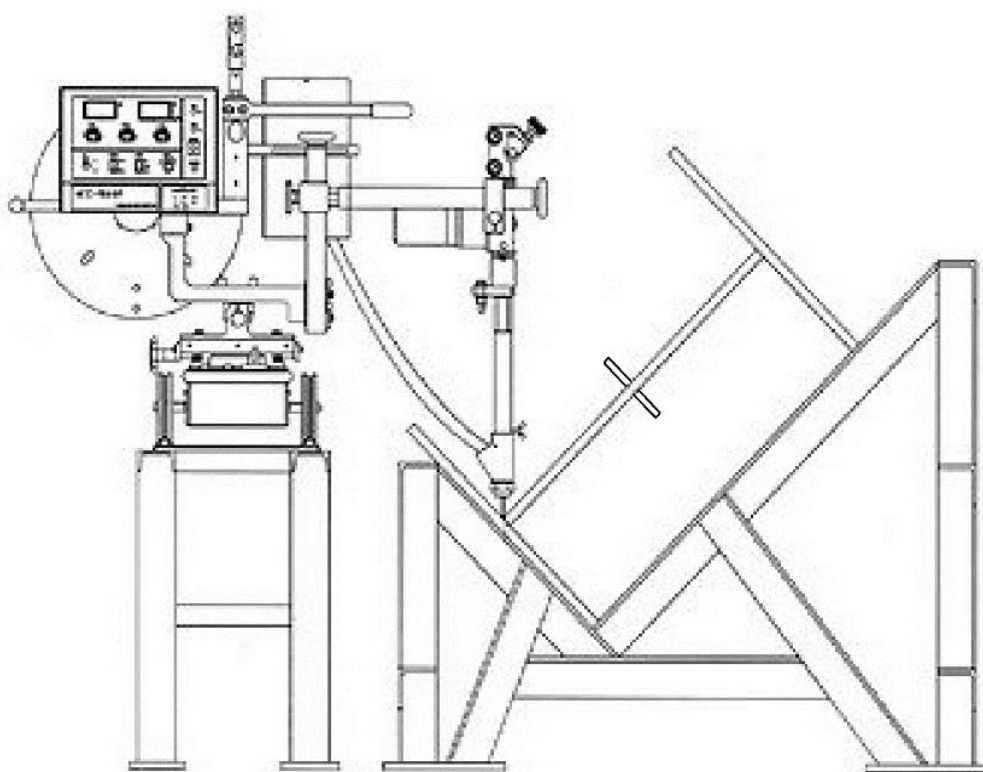


Рисунок 4.1 – схема сварки двутавра “в лодочку”

Во время производства сварной двутавровой балки непременно возникает нарушение “геометрии” ее полок, которая появляется в результате нагрева металла. Стан СПД-0640 предназначен для правки деформации (грибовидности) полок двутавровой балки путем ее прокатки через систему роликов, используя при этом свойства упругости металла. Станок СПД - 0640 - прост в эксплуатации, является высокоскоростным, высокопродуктивным оборудованием, с возможностью широкого применения в области металлургии, производстве стальных конструкций, промышленном монтаже и прочих отраслях. Внешний вид представлен на рисунке 5.2.

Осуществление правки за один проход и применение сменных правильных роликов, для разных типоразмеров двутавровой балки, обеспечит быструю работу стана, повышая тем самым производительность.



Рисунок 4.2 – Станок для правки

## 5. Организация контроля качества

### 5.1 Выбор методов контроля качества сварных соединений

После сварки балки необходимо произвести контроль качества сварных соединений, заключающийся в выявлении дефектов, снижающих надежность всего изделия. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 6520-1 дефектом называется несплошность с сварным соединением или отклонение геометрических размеров. Критерии оценки качества сварных соединений представлены в таблице 5.1 согласно ТУ 14-156-92-2010.

Таблица 5.1 - Критерии оценки качества сварных соединений

Характеристика	Критерий	
Внешний профиль	Сварные швы должны иметь ровную поверхность и плавный переход к основному металлу	
Ширина шва	для толщины стенки более 24,0 мм – 40,0 мм В местах ремонта допускается увеличение ширины шва на 5,0 мм дополнительно.	
Наружное усиление	для толщины стенки свыше 12,0 мм – 0,5-3,0 мм. Допускается снятие усиления наружного шва на длине не менее 150 мм от торцов до значений 0 – 0,5 мм.	
Вогнутость	Вогнутость снаружи не допускается. Вогнутость внутри должна иметь плавный переход к основному металлу, толщина сварного шва нигде не должна быть меньше S.	
Трещины	Не допускаются	
Подрезы	Отдельные	
	Глубина d: $d > 1,0$ мм $1,0 \text{ мм} \geq d > 0,5$ мм $0,5 \text{ мм} \geq d > 0,2$ мм $d \leq 0,2$ мм	Допустимая длина: Не допускается 50 мм 100 мм не ограничена
	Суммарная длина на любом участке сварного шва длиной 300 мм: < 4S, но не более 100 мм	
Пористость	Не допускаются	

поверхности	
-------------	--

Продолжение таблицы 5.1 - Критерии оценки качества сварных соединений

Контроль качества балки проводится:

- операционным контролем подготовки и сборки деталей под сварку;
- визуальным контролем наружной и внутренней поверхностей, сварных швов;
- инструментальным контролем геометрических размеров;
- неразрушающими методами;
- испытанием основного металла на растяжение, ударный изгиб;
- испытанием сварных соединений на растяжение, ударную вязкость, статический изгиб.

Объем испытаний в процессе производства представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Объем испытаний в процессе производства

Тип испытаний	В процессе производства	
	Частота	Примечания
Неразрушающий контроль		
Геометрические параметры сварных швов	Все балки	-
Поверхностные дефекты сварных швов	Все балки	Снаружи и внутри
Ультразвуковой контроль сварных швов	Все балки	-
Рентгенографический контроль сварных швов	балки отмеченные УЗК	-
Механические испытания		
Испытания на растяжение основного металла	Одно испытание на партию	-
Испытания на растяжение сварного шва		-
Испытания по ШАРПИ		Энергия удара
Угол загиба		-

Контролируются форма и размеры кромок перед сваркой методом визуального осмотра, в ходе которого формы разделки кромок и ее габаритов (углы скоса кромок, размер притупления, радиусы, ширина «уса», диаметр и длина расточки и др.) измеряются на соответствие требованиям ПТД. Также оценивается степень местных отклонений от прямолинейности, перпендикулярности трубных торцов, соответствие минимальной фактической толщины концов труб допускам (после расточки, раздачи, зачистки), корректность реализации переходов от одного сечения к другому, а также на возможность стыковки сопрягаемых кромок с требуемыми допусками.

Ответственный за контрольные мероприятия: исполнитель работ (в течение всей работы), руководитель работ на участке (регулярно не менее 1 раза в смену) и контролером службы контроля на этапе сдачи партии, комплекта деталей на сборку. Контролер, принимая готовность кромок оценивает выборочно не менее 20% деталей из тех, что представлены к сдаче. Рост объема выборочного контроля допустим с учетом требований ПТД (ПКД) и заказчика. Результаты контроля записываются в рабочем журнале и/или карте операционного контроля.

Также за счет визуального осмотра контролируется правильность сборки перед сваркой. Идет проверка степени соответствия требованиям НТД, ПТД: правильность взаиморасположения деталей, дислокация продольных швов сопрягаемых деталей, а также соответствие метода фиксации деталей и размещение временного крепежа. Ответственный за контрольные мероприятия: руководитель работ на узле и контролером службы контроля. Данные по итогам контроля описываются в карте операционного контроля, при этом проверяется каждое соединение.

Контроль чистоты кромок и прилегающих поверхностей выполняется на этапе перед сборкой соединения под сварку. Оценивается степень того, насколько чисто обработаны кромки и расточены поверхности деталей,



которые стыкуются (замеры производятся на профилографе-профилометре или путем сравнения с образцами-эталоном). Протерев чистой тканью из хлопка, можно выявить степень чистоты кромок и поверхностей (отсутствие пыли, смазки и пр. загрязнений). Ответственный за контрольные мероприятия: К слесарь-сборщик и сварщик — перед прихваткой соединения и время от времени руководитель работ на узле, руководитель сварочных работ и контролером службы контроля, результаты записываются в карте операционного контроля.

Контроль расположения, размеров и качества прихваток, подогрева при их выполнении выполняется методом визуального осмотра без приборов и с применением лупы 4 - 7 кратного увеличения, а также измеряются дислокация, габариты и качественные характеристики прихваток и швов приварки временного крепежа на соответствие требованиям ПТД.

Ответственный за контрольные мероприятия: ИТР по сборке и сварке (периодически), производитель работ (сварщик) и контролер. Контрольные данные записываются в «Журнал сварочных работ».

Контроль размеров собранного под сварку узла выполняется измерениями. Работники службы предприятия, которые производят сборку узла, вместе с контролером службы технического контроля измеряют контрольные параметры. Оценивается степень соответствия угловых и линейных габаритов требованиям КД и/или ПТД. Сведения об итогах контроля записываются в карте операционного контроля.

Контроль зачистки и наличия защитного покрытия проводится визуально. Определяется соответствие требованиям ПТД зачистки швов прихваток и прилегающих поверхностей деталей. Ответственный за контрольные мероприятия: руководитель работ на узле и контролером, который фиксирует сведения в карте операционного контроля.

Сведения об итогах операционного контроля записываются в «Журнал сварочных работ» в виде обобщающей записи о готовности узла к сварке за подписями руководителя работ на узле и контролера ОТК.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений выполняется после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному контролю и измерению подлежат все (100%) сварные швы в соответствии с ГОСТ 3242 для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и недопустимых в соответствии с требованиями таблицы 18.

Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

## **5.2 Ультразвуковой и рентгенографический контроль сварных соединений**

Методы неразрушающего контроля, при которых применяются физические поля с проникающими возможностями (ультразвуковой и рентгеновский) необходимы для того, чтобы своевременно обнаружить недочеты и повреждения в сварных швах.

Ультразвуковой контроль — тип дефектоскопии сварных швов, которая проводится на основании ГОСТ 14782. Такой тип контроля обязателен для всех соединений в виде кольца. В таблице 5.3. обозначены основные требования к УЗ-контролю.

Таблица 5.3 - Требования к УЗК контролю

Максимальная допустимая амплитуда эхо-сигнала от	Максимальная условная протяженность допускаемых несплошностей L, мм
--	---

дефекта	
Опорный уровень плюс 4 дБ	$L \leq S/2$ , но не более 10 мм
Опорный уровень минус 2 дБ	$L > S/2$ , но не более S или 25 мм
Опорный уровень минус 6 дБ	$L > S$ , но не более 25 мм В приповерхностных зонах, исключая центральную часть сварного соединения толщиной S/3 (2), суммарная длина дефектов на любом участке сварного шва длиной 300 мм до S, но не более 50 мм
Опорный уровень минус 6 дБ	В центральной части сварного соединения толщиной S/3 суммарная длина дефектов на любом участке сварного шва длиной 300 мм до 2S, но не более 50 мм
Поперечные дефекты любой протяженности (дефекты типа «Г») не допускаются (3)	

Продолжение таблицы 5.3 - Требования к УЗК контролю

Рентгенографический контроль — тип контроля, требующий предварительной маркировки определенных частей сварных швов. Это необходимо для того, чтобы упростить процедуру нахождения контролируемых зон на контрольных картах и радиографических снимках.

Требования к рентгенографическому контролю представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Требования к рентгенографическому контролю

Характеристика	Критерий	
	Отдельные дефекты	Суммарная длина на любом участке сварного шва длиной 300 мм
Пористость		
Отдельные поры	Диаметр до S/4, но не более 3 мм	Максимум 3% проверяемой площади Одно скопление
Скопление	Поры до 2 мм, диаметр скопления максимум 12 мм, в скоплении площадь пор до 10% Диаметр до 2 мм, длина цепочки до	

Цепочка пор	S	Две цепочки
Непровар	Длина до S, но не более 25 мм. Ширина до 1,5 мм	До S, но не более 25 мм
Несплавление	Не допускается	-
Трещины	Не допускается	-
Подрез	Глубина до S/10, но не более 1 мм	До S, но не более 25 мм
Излишнее проплавление	До S/5, но не более 3 мм на длине до S, но не более 25 мм.	До 2S, но не более 50 мм

Продолжение таблицы 5.4 - Требования к рентгенографическому контролю

## 6 Организационно-экономическая часть

### 6.1 Расчет потребного количества оборудования

Фиксированные фонды времени (режим работы по 8 часов в 2 смены):

- Фонд времени работы 1-го сборочно-сварочного рабочего места (стенда):

$$\Phi_{p.m.} = 3940 \text{ ч/год};$$

- Фактический фонд времени оборудования за 12 месяцев:

$$\Phi_{\text{ф.}} = 3940 \text{ ч/год};$$

$$M_p = \frac{T_{on}}{\Phi_{\text{ф.}}}, \quad (6.1)$$

где  $\Phi_{p.m.}$  – фонд времени одного рабочего места;

$T_{on}$  – трудоёмкость на годовую программу:

$$T_{on}^{год} = T \cdot N, \quad (6.2)$$

$T = 3.5$  - трудоёмкость изготовления изделия

$N = 600$  шт. – годовая программа цеха

$$T_{on} = 2,2 \cdot 600 = 1320 \text{ час.}$$

$$M_p = \frac{1320}{3940} = 0.3$$

Принимаем 1 сборочно сварочный стенд

### 6.2 Расчет производственной площади

Производство изделий за 12 месяцев с одного квадратного метра общей площади цеха — технико-экономический показатель, приводимый в технологической части проекта цеха. При этом можно упростить формулу укрупненного определения площади цеха по выпуску продукции за 12 месяцев с одного квадратного метра общей площади:

$$S_{ц} = B_{ц} / q = 9846 \text{ м}^2, \quad (6.3)$$

где:  $q = 4,0$  - выпуск продукции в год с  $1 \text{ м}^2$  общей площади цеха класс верфи 1,  $\text{т/м}^2$ ;

$V_{\text{ц}} = 83004 \text{ т}$  - годовая программа цеха;

Принимаем:

шаг колонн  $24 \text{ м}$ ;

количество  $12$ ;

$\ell_{\text{ц}} = 24 \times 5 = 120 \text{ м}$ ;

ширина пролёта  $42 \text{ м}$ ;

количество  $2$ ;

$b_{\text{ц}} = 42 \times 2 = 84 \text{ м}$ ;

Собщ =  $\ell_{\text{ц}} \times b_{\text{ц}} = 120 \times 84 = 10080 \text{ м}^2$ .

### **6.3 Разработка плана цеха и расстановка оборудования**

Единые требования, которые предъявляются к предприятиям машиностроения, распространяются и на проекты цехов сборки и сварки [14].

Основные требования:

1) Параметры участка ( по ширине пролёта, высота и длина) должны соответствовать проектировочным нормативам (таблица 6.1).

2) Максимальная нагрузка — требование , которое должны удовлетворять то, как компонуется оборудование, оснащаются рабочие места и склады.

3) Возвратные перемещения деталей недопустимы.

4) Не менее  $15 \text{ м}^3$  на человека — объемные параметры цеха (участка) в рамках требования проектных норм.

5) Проектирование должно идти в рамках ГОСТа, ЕСКД и нормативов разработки проектов.

6) В рамках ГОСТ 2.428-84 на планировку технологического оборудования наносятся:

- широкой сплошной линией серого цвета прорисовываются контуры габаритов оборудования без движения;
- тонкой штрих пунктирной линией — контуры частей оборудования, которые двигаются ;
- обозначаются линии осей;
- места складок;
- направление, по которому изделие будет двигаться;
- размещение обслуживающих специалистов.

Из таблицы 6.2. можно выбрать допустимые варианты того, какое расстояние минимум должно быть между оборудованием, участки для складирования вещей и частями конструкции здания.

Таблица 6.1 - Унифицированные параметры пролета участка (цеха), который оборудован мостовыми кранами общего назначения

Размеры пролета, м	Шаг колонн, м	Высота от пола до несущих конструкций перекрытий, м	Высота до отметки головки кранового рельса, м	Грузоподъемность подъемно-транспортных средств, кН
18, 24	6; 12	8,4	6,15	100
		9,6	6,95	100; 200
		10,8	8,15	100; 200
		12,6	9,65	100; 200; 300
		16,2	12,65	200; 300
		18,0	14,45	300; 500
30	6;12	12,6	9,65	100; 200; 300
		14,4	11,45	200; 300
		16,2	12,65	300; 500
		18,0	14,45	300; 500

Таблица 6.2 – Допускаемые минимальные расстояния между оборудованием, складочными местами и элементами здания цеха

Определяемое расстояние	Допускаемые пределы значений, м
От колонн или стен здания до боковой стороны оборудования	1 – 3
От колонн или стен здания до тыльной стороны оборудования	1 – 2,5
Между боковыми сторонами оборудования	1 – 1,4
Между складочными местами	1 – 1,4
Между боковой стороной оборудования и складочным местом	1 – 1,2
Между тыльной стороной оборудования и складочным местом	1

Сборочно-сварочный цех состоит из склада готовых корпусных деталей, деталей насыщения секций и промежуточный склад готовых узловых элементов. Хранение производится в виде контейнеров и пачек, в стопах и на стеллажах с несколькими ярусами.

Число деталей на хранении, нормативы максимальной нагрузки на один квадратный метр полезной площади складского помещения — факторы, влияющие на суммарную площадь склада.

Ориентировочные расчеты габаритов площади производственных подсобных помещений цеха рекомендуется производить по нормативам технологического проектирования, которые приняты в машиностроении.

$$S_{\text{склада}} = \left( \frac{\text{Год.прогр.}}{365} \cdot 15 / 1,2 \right) / 0,45; \quad (6.4)$$

$$S_{\text{склада}} = \left( \frac{300247}{365} \cdot 15 / 1,2 \right) / 0,45 = 4316 \text{ м}^2;$$

Максимальные значения удельной площади по производственным кладовым цехов сварочного производства составляют (в квадратных метрах):



инструментально-раздаточной—на единицу сборочно-сварочного оборудования	0,7
вспомогательных материалов—на единицу технологического оборудования	0,2
для хранения электродов, электродной проволоки, флюсов—на одного сварщика:	
при ручной сварке	0,25
автоматической и полуавтоматической сварке	0,5
для хранения оснастки—на одно сборочно-сварочное рабочее место	0,5
для хранения шаблонов—на 100 т выпуска цеха.	0,2

Таблица 6.3 Максимальные значения площади по кладовым цехов сварочного производства

Наименование кладовой	Площадь на 1 расчётную единицу (м <sup>2</sup> )	количество расч. единицу	Площадь (м <sup>2</sup> )
инструментально-раздаточной—на единицу сборочно-сварочного оборудования	0,7	139	97,3
вспомогательных материалов—на единицу технологического оборудования	0,2	21	4,2
для хранения эд. эд. проволоки, флюсов- на одного сварщика	0,5	30	15,0
для хранения оснастки—на одно сборочно-сварочное рабочее место	0,6	14	8,4
для хранения шаблонов—на 100 т выпуска цеха.	0,2	394	78,8
Σ			203,7

Итого общая площадь всех вспомогательных и кладовых помещений цеха: 1320 м<sup>2</sup>

Пусть корпус вспомогательных помещений занимает 1 этаж, тогда (L):

110, ширина (В) будет равна: 12 м.

#### **6.4 Расчет технологической себестоимости изготовления сварной конструкции**

Технологическая себестоимость не определяет всех затрат на изделие. По ней ведется только сравнение вариантов технологии изготовления.

Технологическая себестоимость рассчитывается по формуле

$$C_{тех} = M_{осн} + M_{св} + P_з + P_э + P_{ам.об.} + P_{ам.сп.} + P_{рем.}, \quad (6.5)$$

где  $C_{тех}$  – технологическая себестоимость, руб.;

$M_{осн}$  – затраты на основные материалы, руб.;

$M_{св}$  – затраты на сварочные материалы, руб.;

$P_з$  – расходы на заработанную плату, руб.;

$P_э$  – расходы на силовую электроэнергию, руб.;

$P_{ам.об.}$  – расходы на амортизацию оборудования, руб.

$P_{ам.сп.}$  – расходы на амортизацию спецоснастки, руб.

##### **6.4.1 Затраты на основные материалы**

$$M_{осн} = m \times Ц_M \quad (6.6)$$

$m = 170$  кг. – масса используемого металла

$Ц_M = 30000$  руб. за 1 тонну

$M_{осн} = 170 \times 30000 = 5100000$  руб.

##### **6.4.2 Расчет затрат на сварочные материалы**

Расчет затрат на сварочные материалы производится по формуле

$$M_{св} = C_{эл} + C_{np} + C_2, \quad (6.7)$$

где  $M_{св}$  – затраты на сварочные материалы, руб.;

$C_{эл}$  – затраты на сварочные электроды, руб.;

$C_{np}$  – затраты на сварочную проволоку, руб.;

$C_2$  – затраты на флюс, руб.;

Расчет затрат на сварочные электроды или проволоку определяются по формуле:

$$C_{np} = G_n \cdot K \cdot Ц_{np}, \quad (6.8)$$

где  $C_{np}$  – стоимость электродов или сварочной проволоки, руб.;

$G_n$  – масса наплавленного металла, кг.;

$K=1,5$  – коэффициент расхода электродов или сварочной проволоки;

$Ц_{np}=80$  р.– цена 1 кг электродов или сварочной проволоки, руб.

Масса наплавленного металла определяется по формуле

$$G_n = \frac{F_n \cdot l \cdot \gamma}{1000}, \quad (6.9)$$

где  $F_n$  – площадь наплавленного металла шва, см<sup>2</sup>;

$l$  – длина шва, см ;

$\gamma$  – плотность металла  $\frac{г}{см^3}$ ;

1000 – перевод г в кг

$$G_n = \frac{3 \cdot 1150 \cdot 7,8}{1000} = 27 кг$$

$$C_{np} = 27 \cdot 1,5 \cdot 80 = 3240 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на флюс производится по формуле

$$C_\phi = P_\phi \cdot Ц_\phi, \quad (6.10)$$

где  $C_\phi$  – стоимость флюса, руб.;

$P_\phi$  – расход флюса, кг

$Ц_\phi$  – цена 1 кг. флюса, в руб.

Расход флюса определяется по формуле

$$P_z = P_{уд.р.} \cdot T_o \cdot 1,5 + P_{доп.р.} \quad (6.11)$$

где  $P_{уд.р.} = 0,6$  – удельный расход флюса, кг/мин;

$P_{доп.р.} = 0,6$  – дополнительный расход флюса на выполнение подготовительно-заключительные операции, кг./мин;

$T_o = 60$  – основное время сварки, мин.;

1,5 – коэффициент учитывающий расход флюса на защиту корня шва.

$$P_{доп.р.} = T_{н.з.} \cdot P_{уд.р.} \quad (6.12)$$

где  $T_{н.з.}$  – время на подготовительно-заключительные операции (продувку горелки до сварки и места сварки по окончании процесса).

$$P_{доп.р.} = 10 \cdot 0,6 = 6 \quad \text{кг}$$

$$P_z = 3 \cdot 60 \cdot 1,5 + 30 = 300 \text{ л.}$$

$$C_z = P_z \cdot C_z = 300 \cdot 0,1 = 30 \text{ руб.}$$

$$M_{св} = 3240 + 30 = 3270 \text{ руб.}$$

### 6.4.3 Расчет затрат на заработную плату

Расчет численности основных рабочих на данную операцию.

$$P_{осн} = \frac{N_{зан} \cdot T_{ш}}{\Phi_{эф}} \quad (6.13)$$

где  $N_{зан}$  – годовая программа запуска узлов в производство, шт;

$T_{ш}$  – штучное время на операцию, чел/час;

$\Phi_{эф}$  – эффективный годовой фонд времени рабочего занятого на данной операции, час.

$$\Phi_{эф} = ((\Phi_K - \Phi_{в.п.}) \cdot T_{см} - H_{г}) \cdot (1 - K_{нв}) \quad (6.14)$$

где  $\Phi_K = 365$  – годовой календарный фонд времени, дни;

$\Phi_{в.п.} = 120$  – фонд выходных и праздничных дней в году, дни;

$T_{CM}=8$ – продолжительность рабочей смены, час;

$H_r=10$ – количество недоработанных часов в предпраздничные дни.

$S=1$ – количество рабочих смен в сутки;

$K_{HB}$  – коэффициент планируемых невыходов на работу ( $K_{HB} = 0,1-0,12$ )

$$\Phi_{\text{эф}} = ((365-120) \cdot 8-10) \cdot (1-0,1) = 1755ч$$

### **Расчет основной заработной платы**

Заработная плата определяется как сумма сдельных расценок на каждую операцию по формуле

$$P_z = \sum P_{cd}, \quad (6.15)$$

где  $\sum P_{cd}$  – сумма сдельных расценок по операциям, руб.;

заработная плата будет равна сдельной расценке на операцию.

Сдельная расценка на операцию определяется по формуле:

$$P_{cd} = C_{\text{ч}} \cdot T_{\text{шт}}, \quad (6.16)$$

где  $C_{\text{ч}}=310$ – часовая тарифная ставка сварщика руб.;

$T_{\text{шт}}=1,15$  – штучная норма времени на операцию, час (п.3.3) - сварка

выполняется на сварочном автомате под контролем оператора

$$P_{cd} = 310 \cdot 1,15 = 356,5 \text{ руб.}$$

$$P_z = P_{cd}$$

Дополнительная заработная плата составляет 20% от основной определяется по формуле

$$P_{\text{дон}} = 0,2 P_z \quad (6.17)$$

$$P_{\text{дон}} = 0,2 \times 356,5 = 71,3 \text{ руб.}$$

Затраты на выплату в соцстрах составляют 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы и определяются по формуле

$$P_{cmp} = 0,30 \cdot (P_3 + P_{дон}) \quad (6.18)$$

$$P_{cmp} = 0,30 \cdot (356,5 + 71,3) = 128,3 \text{ руб.}$$

Общая заработная плата определяется по формуле

$$P_{общ} = P_3 + P_{дон} + P_{cmp} \quad (6.19)$$

$$P_{общ} = 356,5 + 71,5 + 128,3 = 556 \text{ руб.}$$

#### 6.4.4 Расчет затрат на силовую электроэнергию

$$P_3 = Q_3 \cdot C_3, \quad \text{для базового варианта} \quad (6.20)$$

где  $P_3$  – стоимость электроэнергии, руб.

$C_3$  – стоимость 1 кВт/ч силовой электроэнергии, 3,72 руб.

$Q_3$  – расход электроэнергии, кВт·ч/м.

$$Q_3 = \frac{U_d \cdot I_{св} \cdot T_o}{1000 \cdot \eta} + W_{xx} \cdot (T_{ш} - T_o), \quad (6.21)$$

где  $U_d = 20$  – напряжение дуги, В;

$I_{св} = 260$  – сварочный ток, А;

$T_o = 10$  – основное время сварки, час;

$T_{ш} = 11$  – штучное время на операцию сварки, час;

$\eta = 82\%$  – КПД источника питания;

$W_{xx} = 40$  кВт·А – мощность, расходуемая при холостом ходе на постоянном токе.

$$Q_3 = \frac{20 \cdot 260 \cdot 10}{1000 \cdot 0,82} + 40 \cdot (1,15 - 1) = 123 \text{ кВт·ч/м}$$

$$P_3 = 123 \cdot 3,72 = 457 \text{ р. для базового варианта}$$

$$Q_3 = \frac{20 \cdot 260 \cdot 1}{1000 \cdot 0,82} + 40 \cdot (1,15 - 1) = 12,3 \text{ кВт·ч/м}$$

$$P_3 = 12,3 \cdot 3,72 = 45,7 \text{ р. для проектного варианта}$$

#### 6.4.5 Расчет необходимого количества оборудования и его загрузка

Количество сборочно-сварочных стандов, немеханизированных приспособлений определяется по формуле

$$n_m = \frac{T_m}{\Phi_m}, \quad (6.22)$$

где  $n_m$  – количество стандов (приспособлений) данного вида, шт.;

$T_m$  – количество место/часов соответственно трудоемкости работ на годовую программу, закрепленных за сборочно-сварочным стандом.

Место/час – это отношение трудоемкости в человеко/час к плотности работ, т.е.

$$T_m = \frac{T_{изд.}}{\sigma_p}, \quad (6.23)$$

где  $T_{изд.}$  – трудоемкость работ, чел/час.

$\sigma_p$  – плотность работ, т.е. количество рабочих на одном рабочем месте

$$n_m = \frac{T_{изд.}}{\sigma_p \cdot \Phi_{действ}}, \quad (6.24)$$

$$n_m = \frac{115}{1 \cdot 1755} = 0,06 \text{ принимаем } 1 \text{ шт.}$$

Количество сварочного оборудования (установок, источников питания) каждого типа (вида) определяется по формуле:

$$n_o = \frac{T_c}{\Phi_{действ}}, \quad (6.25)$$

где  $T_c$  – количество станко-часов соответственно трудоемкости работ на годовую программу, закрепленную за сварочным оборудованием каждого типа;

$$n_o = \frac{100}{1755} = 0,05 \text{ принимаем } 1 \text{ шт.}$$

Расчет коэффициента загрузки рабочих мест и оборудования определяют по формуле

Для сборочных стандов (приспособлений)

$$K_3 = \frac{n_m}{n_{n.m.}} \cdot 100, \% \quad (6.26)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки, %

$n_m$  – расчетное количество сборочно-сварочных стандов (приспособлений)

$n_{n.m.}$  – принятое значение сборочно-сварочных стандов (приспособлений).

$$K_3 = 100, \%$$

Для сварочного оборудования определяют по формуле

$$K_3 = \frac{n_o}{n_{n.o.}} \cdot 100, \% \quad (6.27)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки, в %

$n_o$  – расчетное количество сварочного оборудования

$n_{n.o.}$  – принятое значение сварочного оборудования.

$$K_3 = \frac{0,05}{1} \cdot 100, \% = 5\% \text{ для проектного варианта}$$

$$K_3 = \frac{0,6}{1} \cdot 100, \% = 60\% \text{ для базового варианта}$$

Расчет показал низкую загрузку оборудование, следовательно возможно увеличение производительности и загрузки оборудования производством аналогичного оборудования или повышением годовой программы.

#### 6.4.6 Расчет затрат на амортизацию оборудования

Затраты на оборудование рассчитываются по формуле

$$Z_{OB} = Ц \cdot (1 + K_{TP} + K_{СТР} + K_{МОИТ}) + K_{НАЛ}, \text{ для проектного варианта} \quad (6.28)$$



где  $C=650000$  – цена оборудования;

$K_{ТР}$  – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку;  
 $K_{ТР}=0,5$

$K_{СТР}$  – коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы;  
 $K_{СТР}=0,09$

$K_{МОНТ}$  – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования;  
 $K_{МОНТ}=0,07$

$K_{нал}$  – затраты на наладку оборудования;  $K_{НАЛ}=0,1 \cdot 650000$  руб.

$Z_{ОБ}=650000 \cdot (1+0,5+0,09+0,07)+65000=1170000$  руб. ,

Расходы на амортизацию оборудования и спецоснастки определяются как сумма затрат на амортизацию по каждому виду оборудования, примененного в техпроцессе:

$$P_{ам.об.} = \sum P_{ам.об.в.}, \quad (6.29)$$

где  $P_{ам.об.в.}$  – затраты на амортизацию оборудования, которые определяются по формуле

$$P_{ам.об.в.} = \frac{Z_{ОБ} \cdot N_{ам} \cdot T_{шт}}{100 \cdot \Phi_{действ.} \cdot K_3}, \quad (6.30)$$

где  $Z_{ОБ}$  – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

$N_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, %;

$T_{шт}$  – штучное время, час;

100 – переводной коэффициент;

$\Phi_{действ.}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

$K_3$  – коэффициент загрузки

$$P_{ам.об.в.} = \frac{1170000 \cdot 15 \cdot 1,15}{100 \cdot 1755 \cdot 5} = 23р.$$

Затраты на оборудование рассчитываются по формуле

$Z_{ОБ} = Ц \cdot (1 + K_{ТР} + K_{СТР} + K_{МОИТ}) + K_{НАЛ}$ , для базового варианта

где  $Ц = 250000$  – цена оборудования;

$K_{ТР}$  – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку;

$$K_{ТР} = 0,5$$

$K_{СТР}$  – коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы;

$$K_{СТР} = 0,09$$

$K_{МОИТ}$  – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования;

$$K_{МОИТ} = 0,07$$

$K_{нал}$  – затраты на наладку оборудования;  $K_{НАЛ} = 0,1 \cdot 250000$  руб.

$$Z_{ОБ} = 250000 \cdot (1 + 0,5 + 0,09 + 0,07) + 25000 = 425000 \text{ руб. ,}$$

Расходы на амортизацию оборудования и спецоснастки определяются как сумма затрат на амортизацию по каждому виду оборудования, примененного в техпроцессе:

$$P_{ам.об.} = \sum P_{ам.об.в.} ,$$

где  $P_{ам.об.в.}$  – затраты на амортизацию оборудования, которые определяются по формуле

$$P_{ам.об.в.} = \frac{Z_{ОБ} \cdot N_{ам} \cdot T_{шт}}{100 \cdot \Phi_{действ.} \cdot K_3} ,$$

где  $Z_{ОБ}$  – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

$N_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, %;

$T_{шт}$  – штучное время, час;

100 – переводной коэффициент;

$\Phi_{действ.}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

$K_3$  – коэффициент загрузки

$$P_{ам.об.в.} = \frac{425000 \cdot 15 \cdot 11}{100 \cdot 1755 \cdot 60} = 6,7 \text{ р}$$

#### 6.4.7 Затраты на ремонт

Затраты на текущий ремонт для проектного варианта определяются по формуле

$$Z_{\text{роб}} = 2 - 3\% \cdot Z_{\text{об}} + ЗП_{\text{всп.раб.}} \quad (6.31)$$

$ЗП_{\text{всп.раб.}}$  – заработная плата вспомогательных рабочих, занятых ремонтом оборудования.

При оплате труда по повременно-премиальной системе прямая заработная плата вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$Z_{\text{пр}} = Ч_{\text{тар.і}} \cdot F_{\text{эф.}} \cdot R_{\text{став.}} \cdot \eta_{\text{з}}, \quad (6.32)$$

где  $Ч_{\text{тар.і}}=250$  часовая тарифная ставка профессии, руб.;

$F_{\text{эф.}}=1755$  – эффективный фонд времени работы рабочего за год, час;

$R_{\text{став.}}=1$  – количество ставок по данной профессии

$\eta_{\text{з}}$  – средний приведенный коэффициент загрузки основного оборудования

Средний приведенный коэффициент загрузки основного оборудования определяется по формуле:

$$\eta_{\text{з}} = \frac{\sum_{i=1}^k (K_{\text{зи}} \cdot T_{\text{шт}})}{\sum_{i=1}^k T_{\text{шти}} \cdot [\eta_{\text{зи}}]} \quad (6.33)$$

где  $K_{\text{зи}}$  - коэффициент загрузки основного оборудования;

$T_{\text{шт}}$  – штучное время  $i$ -й операции;

$[\eta_{\text{зи}}]$ - достигаемый коэффициент загрузки.

$$\eta_{\text{з}} = \frac{5 \cdot 1,1}{5 \cdot 80} = 0,013$$

$$Z_{пр} = \chi_{тар.і} \cdot F_{эф.} \cdot R_{став.} \cdot \eta_{з},$$

$$Z_{пр} = 250 \times 1755 \times 1 \times 0,013 = 5703 \text{ руб.}$$

$$Z_{роб} = 0,03 \times 1170000 + 5703 = 40803 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт для базового варианта определяются по формуле

$$Z_{роб} = 2 - 3\% \cdot Z_{об} + ЗП_{всп.раб.} \quad (6.34)$$

$ЗП_{всп.раб.}$  – заработная плата вспомогательных рабочих, занятых ремонтом оборудования.

При оплате труда по повременно-премиальной системе прямая заработная плата вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$Z_{пр} = \chi_{тар.і} \cdot F_{эф.} \cdot R_{став.} \cdot \eta_{з}, \quad (6.35)$$

где  $\chi_{тар.і} = 250$  часовая тарифная ставка профессии, руб.;

$F_{эф.} = 1755$  – эффективный фонд времени работы рабочего за год, час;

$R_{став.} = 1$  – количество ставок по данной профессии

$\eta_{з}$  – средний приведенный коэффициент загрузки основного оборудования

Средний приведенный коэффициент загрузки основного оборудования определяется по формуле:

$$\eta_{з} = \frac{\sum_{i=1}^k (K_{зи} \cdot T_{шт})}{\sum_{i=1}^k T_{шти} \cdot [\eta_{зи}]} \quad (6.36)$$

где  $K_{зи}$  - коэффициент загрузки основного оборудования;

$T_{шт}$  – штучное время  $i$ -й операции;

$[\eta_{зи}]$  - достигаемый коэффициент загрузки.

$$\eta_{з} = \frac{60 \cdot 11}{11 \cdot 80} = 0,75 \quad (6.37)$$

$$Z_{пр} = \chi_{тар.і} \cdot F_{эф.} \cdot R_{став.} \cdot \eta_{з},$$

$$Z_{пр} = 250 \times 1755 \times 1 \times 0,75 = 329062 \text{ руб.}$$

$$Z_{роб} = 0,03 \times 425000 + 329062 = 341812 \text{ руб.}$$

Полученные результаты затрат технологической себестоимости сводятся в таблицу 6.2 для сравнения их по вариантам.

Таблица 6.2– Затраты технологической себестоимости.

Наименование затрат	Технологическая себестоимость, руб.	
	На программу	На изделие
Сварочные материалы Сварочная проволока Защитный газ	327000	3270
Заработная плата	55600	556
Затраты на электроэнергию	4570	45,7
Амортизация оборудования	2300	23
Итого	389500	3895

## 7 Безопасность жизнедеятельности

### 7.1 Виды инструктажей

Инструктажи бывают:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный (ежеквартально);
- внеплановый;
- целевой [7].

**Вводный инструктаж** — проводится инженером по охране труда или специалистом, выполняющим данные обязанности:

- с вновь принятыми сотрудниками;
- с временными работниками;
- командированными;
- учащимися и студентами, которые прибыли на производство для того, чтобы обучаться или проходить практику, а также для тех, кто обучается в образовательных учреждениях.

В журнале по охране труда и в приказе о приеме на работу вносятся сведения о том, что инструктаж проведен, инструктируемые расписываются о том, что инструктаж прослушан.

Инструкции, по которым необходимо проводить инструктаж, составляются инженером по охране труда и утверждаются директором предприятия.

**Первичный инструктаж** — мероприятия, проводимые на рабочем месте до того, как сотрудник приступит к работе:

- с новыми специалистами;
- поступившими на работу по переводу;
- сотрудники, которые будут выполнять новые должностные обязанности или функционал;

- строителями, выполняющим строительные-монтажные работы на территории предприятия;

Инструктируется каждый специалист персонально. Руководитель проводит инструктаж с каждым сотрудником индивидуально.

Первичный инструктаж на рабочем месте не нужно проходить тем работникам, которые не обслуживают, не испытывают, не регулируют и не ремонтируют оборудование, не применяют в работе всевозможные инструменты. Директор предприятия утверждает, а профсоюзный орган и служба охраны труда проводит согласование списка профессий и должностей персонала, который имеет освобождение от первичного инструктажа.

Затем, каждый работник предприятия на протяжении первых 14 дней стажироваться на новом рабочем месте.

**Повторный инструктаж** — обязаны проходить все работники предприятия, исключая тех, кто получил освобождения от первичного инструктажа. При этом здесь не играет роли тип профессии, рабочий стаж, уровень образования — все повторно инструктируются каждые 6 месяцев согласно регламента первичного инструктажа на рабочем месте в 100%-ом объеме.

Период, когда должен проводиться повторный инструктаж может быть продлен для ряда специалистов — руководству предприятия это необходимо согласовать с профсоюзным органом и ответственными за данные вопросы надзорными и контрольными органами местного самоуправления.

Повторный инструктаж можно организовывать персонально для каждого работника либо для нескольких специалистов, которые отвечают за обслуживание оборудования, которое за ними закреплено в рамках единого рабочего места.

**Целевой инструктаж** – организуется для работников, которые выполняют функционал высокой степени опасности:

- высотные работы на расстоянии более 1,3 м;

- в колодцах;
- проведение работ по сварке;
- резка металлических конструкций и изделий;
- функционал, не имеющий прямой связи с профессией.

**Внеплановый инструктаж** – организуется персонально или с несколькими работниками предприятия в случаях, когда:

- меняется регламент охраны труда;
- приобретается нового оборудования для компании;
- нарушаются правила охраны труда;
- по требованию надзорных и контрольных органов.

## 7.2 Расчет местной вентиляции

Для того, чтобы минимизировать на работника негативное влияние опасных паров и газов, требуется установить систему вентиляции. В процессе работы выделяются различные газообразные частицы:

- углекислота (CO);
- окись азота и двуокись азота (NOX = NO, NO<sub>2</sub>);
- оксид марганца (0,25 – 0,43 мг/м<sup>3</sup>).

Локальные отсосные системы — первоочередные установки для того, чтобы снизить уровень концентрации опасных паров и газов на рабочем месте пределов, которые допускаются нормами.

Локальная вентиляционная вытяжка применяется на конкретном принципе — газообразные вредные частицы улавливаются и удаляются сразу у места, где они образовались (рисунок 7.1).



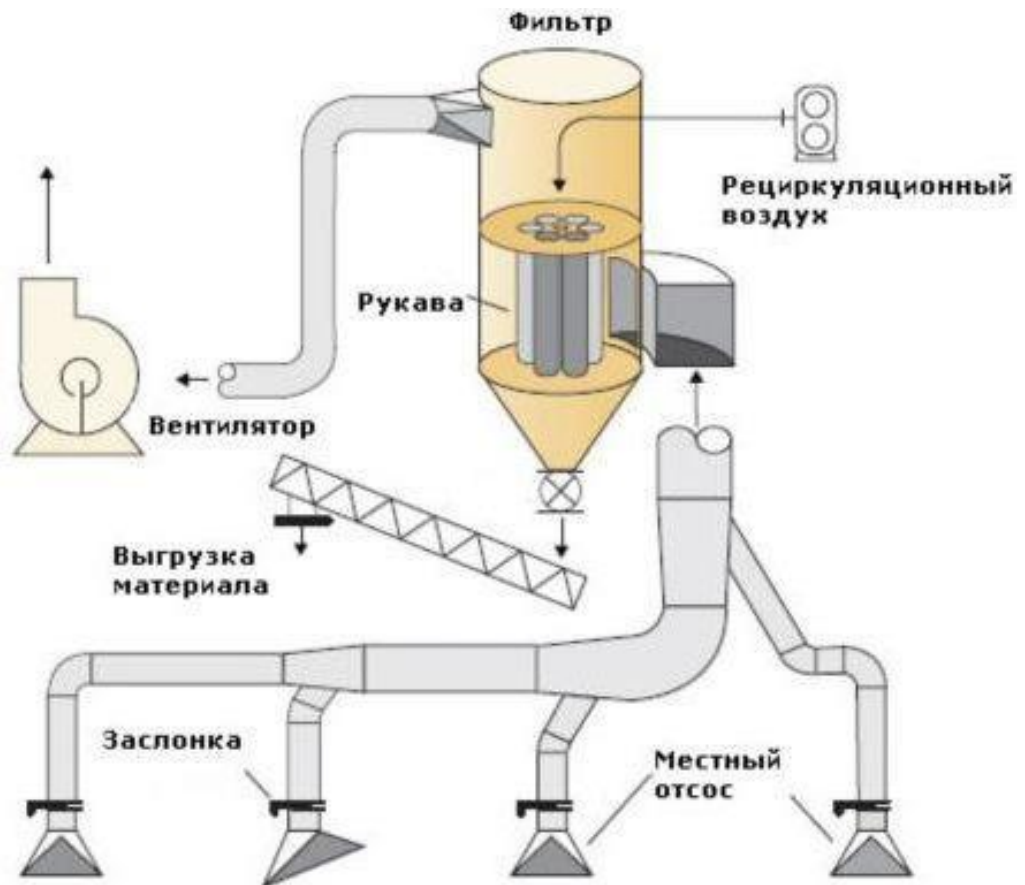


Рисунок 7.1 – Местная вытяжная вентиляция

Дано: длина – 900 мм; ширина – 645 мм; площадь сечения воздуховода  $F=0,13\text{м}^2$ ; расход по данному участку сети  $L=1400\text{м}^3/\text{ч}$ ; скорость на данном участке сети  $V_{\text{уч.}}=10\text{м}/\text{с}$ .

Диаметр воздуховода определяется по формуле 6.1:

$$D = 1,13 \cdot (L/V_{\text{уч.}})^{0,5}, \quad (7.1)$$

где  $L$  – расход приточного или вытяжного воздуха за единицу времени,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V_{\text{уч.}}$  – скорости воздуха,  $\text{м}/\text{с}$ .

$$D=1,13 \cdot (1400/10 \cdot 3600)^{0,5}=0,22 \text{ метров}$$

По формуле 7.2 определяется потеря давления на участке «а»:

$$P_a = (L_{\text{возд}} \cdot \lambda / D + \Sigma \varphi) \cdot P \cdot V_{\text{уч.}}^2 / 2, \quad (7.2)$$

где  $L_{\text{возд}}$  – длина воздуховода, м,  $L=1$ ;

$\lambda$  – коэффициент трения;

$\Sigma \varphi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

$P$  – плотность воздуховода, кг/м<sup>3</sup>,  $P=1,2$

Коэффициент трения определяется по формуле 6.3:

$$\lambda = 0,0197 / (V_{\text{уч.}} \cdot D)^{0,25}, \quad (7.3)$$

$$\lambda = 0,0197 / (10 \cdot 0,22)^{0,25} = 0,016$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений рассчитывается по формуле 6.4:

$$\Sigma \varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad (7.4)$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент местного сопротивления на входе,  $\varphi_1=0,4$ ;

$\varphi_2$  – коэффициент местного сопротивления на выходе,  $\varphi_2=1,15$ .

$$\Sigma \varphi = 0,4 + 1,15 = 1,55$$

Подставив полученные данные в формулу 6.2, определяем потерю давления на участке «а»:

$$P_a = (1 \cdot 0,016 / 0,22 + 1,55) \cdot 1,2 \cdot 10^2 / 2 = 97,36 \text{ Па}$$

По формуле 7.2 рассчитываем потерю давления на участке «в»:

$$P_{\text{в}} = (2 \cdot 0,016 / 0,22) \cdot 1,2 \cdot 10^2 / 2 = 8,73 \text{ Па}$$

На участке «в»  $\Sigma\varphi=0$ , т.к. ход воздуха свободный.

Общая потеря давления рассчитывается по формуле 6.5:

$$P = P_{\text{а}} + P_{\text{в}}, \quad (7.5)$$

$$P = 97,36 + 8,73 = 106 \text{ Па}$$

Вентилятор выбирается согласно конечным показателям давления и расхода на данном участке  $L=1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В нашем случае характеристики указывают на то, что оптимально подойдет вентилятор «ЦЧ–70».

Мощность электрического двигателя рассчитывается по формуле 7.6

$$N_{\text{эд.}} = L \cdot P \cdot K / 1000 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{н}}, \quad (7.6)$$

где  $K$  – коэффициент запаса мощности,  $K=1,1$ ;

$\eta_{\text{в}}$  – коэффициент полезного действия вентилятора,  $\eta_{\text{в}}=0,55$ ;

$\eta_{\text{н}}$  – коэффициент полезного действия передачи,  $\eta_{\text{н}}=1$ .

$$N_{\text{эд.}} = 1400 \cdot 1,05 \cdot 1,1 / 1000 \cdot 0,55 \cdot 1 = 0,8$$

Выбор электродвигатель зависит от конечных результатов расчетов, согласно наших показателей это будет модель «А02–11–2,1».

### 7.3 Пожарная безопасность

Определение категория помещения идет строго в рамках нормативов НПБ 105-95.

На территориях категории Г производств по пожарной и взрывной опасности дислоцируется участок, где ведется автоматическая сварка. СНИП11-90-81 и СНИП11-2-80, типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий — документы, регламентирующие сварочные работы на данном участке. в соответствии с вышеуказанными документами определяется число огнетушителей на участке и иных первичных средств тушения пожара. IV степени огнестойкости (предел огнестойкости не менее 2 часов) — требование к тому, как оборудуется территория работ по сварке.

Участки радиусом от пяти метров, на которых будет установлено оборудование, необходимо очистить от материалов и веществ, быстро воспламеняющихся. Изделия, которые находятся под напряжением, чрезмерным давлением, емкости, которые заполнены топливом или ядовитыми веществами сваривать запрещено.

На стадии разработки проекта необходимо продумать безопасное размещения оснащения — это поможет улучшить пожарную безопасность. Из-за высокой степени опасности поражения электротоком не все средства тушения огня подходят. Нужно предусмотреть запас сухого песка, огнетушители углекислотой или порошком марок ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25, ОУ-80, ОУ-100.

Место работы сварки рекомендуется оградить огнеупорными экранами высотой не ниже 1.6 м. Это необходимо для того, чтобы защитить сотрудников, не участвующих в сварочных работах. Каждое помещение предприятия, где есть риск распространения газа и пара, способного взорваться, разрешено организовывать сварочные работы исключительно

после того, как устраниться загрязняющий источники, в самом помещении очистится и проветрится.

При автоматической сварке чаще всего возгорания возникаю, когда:

- 1) нарушается последовательность технологии;
- 2) возникает поломка электрооборудования [5].

Создание условий для оперативной эвакуации персонала, оснащение устройств, ограничивающих распространение огня, установка систем дымоудаления в зданиях, обработка элементов конструкторского строения огнестойкой защитой помогут предотвратить развития возгорания и минимизировать риск негативных последствий.

Газ, продукты нефтепереработки, пылевые частицы после добычи торфа, угля и сланцев, токсические вещества — энергоносители, которые в наше время стали неизбежными элементами большинства промышленных предприятия. А значит объекты производства словно насыщены материалами, составами и веществами, которые могут привести к пожару, взрыву. Также потенциально опасные технологии могут нанести вред здоровью и жизни работников в случае выбросу химикатов или биологических составов. Такие факторы приводят к существенному росту возможных аварийных ситуаций, расширению площади разрушений и иных последствий. Данные последствия вызываются действием поражающих факторов техногенного характера (ГОСТ Р 22.8.01-96 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования»).

#### **7.4 Защита органов зрения, лица и головы при сварке**

В настоящее время высокие технологии все чаще и в большем объеме внедряются в серийное производство. Благодаря новым научным разработкам в сфере оптики

сегодня сварочная маска хамелеон доступна каждому.

Сварочная маска хамелеон не пропускает инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, чем полностью защищает глаза сварщика. Маска хамелеон доказала свою эффективность в защите лица и глаз сварщика от вредных излучений сварочной дуги и сварочных брызг. Очевидно, что состояние человека, производящего работы напрямую влияет на качество их выполнения, поэтому маска хамелеон является выгодным вложением в качество.



Рисунок 7.2 - Сварочная маска «Хамелеон»

### Устройство светофильтра «Хамелеон»

Светофильтр, который затемняется в автоматическом режиме, оптимально подходит для того, чтобы защитить глаза специалиста по сварке от лучей света в видимой части спектра. Стекло становится темнее при старте сварочных работ и это обеспечивает простоту контроля за работой без риска повредить органы зрения.

Строение светофильтра — до 6 жидкокристаллических слоев, которые расположены между поляризационными пленками. Блокировка части поляризованного света происходит так: жидкие кристаллы под воздействием напряжения «структурируются» в конкретном направлении, блокируя часть поляризованного света:



Рисунок 7.3 - Устройство светофильтра «Хамелеон»

При дуговой сварке максимально вредно УФ и ИК-излучение, которое невозможно заметить глазом. При этом даже светофильтр-«хамелеон» с дефектом может длительное время защищать глаза от подобных лучей за счет стабильному ультрафиолетовому и инфракрасному фильтру. Здесь следующий принцип работы — особый фильтрующий слой частично отражает эти типы излучений обеспечивая защиту глаз сварщика.

Сменные батареи (на литии) и/или солнечные батареи — типовой источник питания для управляющей схемы светофильтра.

Все светофильтры имеют ограничения в той или иной степени из-за того, каково их устройство:

***Влияние угла, под которым падает свет на степень затемнения.***

$\pm 10^\circ$  — именно в этих пределах светофильтр гарантирует определенную степень затемнения. Так как практически никто не производит сварку, глядя на изделие искоса, почти всегда таких показателей достаточно для защиты. При этом крупные бренды, производящие подобные фильтры, применяют 2-3 жидкокристаллических слоя для устранения этого явления полностью.



## Заключение

В данном проекте разработан технологический процесс сборки и сварки двутавровой балки. Проведен литературный обзор по способам сварки.

При анализе возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка порошковой проволокой, автоматическая под флюсом.

Разработана технология изготовления изделия тем что, была произведена замена ручной сварки на автоматическую, с более современным сварочным оборудованием. Разработан сборочно-сварочный стенд. На основе справочных данных были выбраны параметры сварки. В результате внедрения современного оборудования повысилось качество выпускаемого изделия, уменьшилось время на его выпуск и затраты. Рассмотрены методы контроля сварных швов изделия и выбраны оптимальные.

Разработанная конструкция приспособления позволяет: 1) уменьшить трудоемкость работ; 2) повысить производительность труда; 3) сократить время цикла производства работ; 4) сделать рабочие условия легче; 5) повысить точность работ; 6) качественно улучшить изделия; 7) сохранить конкретную форму конструкций, которые подвергаются сварке, за счет фиксации их для снижения деформационных процессов при сварочных работах.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута. Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при выполнении соединений двутавровых балок.

## Список используемых источников

1. Строительные конструкции / Под ред. д.т.н., проф. Байкова В.Н. и д.т.н., проф. Попова Г.И. – М: Высшая школа, 1986.- 544 с.
2. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчёт и проектирование / Под ред. Николаева Г.А. – М: Высшая школа, 1990.- 446 с.
3. Марочник сталей и сплавов / Под ред. Сорокина В.Г. – М.: Машиностроение, 1989. - 612 с.
4. Синяговский И.С. Сопротивление материалов. – М.: Колос, 1968.- 456 с.
5. Панарин Н.Я., Тарасенко И.И. Сопротивление материалов. – Ленинград: государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962.- 528 с.
6. Руденко Н.Ф., Александров М.П., Лысяков А.Г. Курсовое проектирование грузоподъёмных машин. – М.: Машиностроение, 1966.- 252 с.
7. Дыховичный А.И. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1966.- 328 с.
8. Васильев К.В. Плазменно-дуговая резка. – М.: Машиностроение, 1974.- 111 с.
9. Чвертко А.И., Патон В.Е., Тимченко В.А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. – М.: Машиностроение, 1981.- 465 с.
10. Справочник по сварочным работам / Под ред. Хромченко Ф.А. – М.: НПО ОБТ, 2002. -188 с.
11. Колганов Л.А. Сварочное производство. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.- 504 с.
12. Ежова, Э.В. Безопасность жизнедеятельности. [Текст]/ Э.В. Ежова. – Москва, 1999. – 124 с.

- 13.Вороненко В.П. Проектирование машиностроительных производств: Учебное пособие / В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе, Е.С. Киселев и др. - Владимир: ВГУ, 2004. - 364 с.
- 14.Вороненко В.П. Проектирование машиностроительного производства: Учебник / В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе - М.: ДРОФА, 2006. - 380 с.
- 15.Киселев Е.С. Проектирование механосборочных и вспомогательных цехов машиностроительных предприятий: учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 1999.- 118 с.
- 16.Пашуто В.П. Организация и нормирование труда на предприятии: Учеб. пособие / В.П. Пашуто. 2-е изд., испр. и доп. - Мн.: Новое знание, 2002.
- 17.Организация многостаночного обслуживания в условиях поточно-массового производства: Метод. указания / Составитель Сизов В.П. Челябинск, 1975.123
- 18.Туровец О.Г. Организация производства: Учебник для вузов / О.Г. Туровец, В.Н. Попов, В.Б. Родинов и др.; Под ред. О.Г. Туровца. М.: Экономика и финансы, 2000.
- 19.Общемашиностроительные типовые нормы обслуживания для вспомогательных рабочих цехов основного и вспомогательного производства. – М.: Машиностроение, 1983.
- 20.Организация и планирование машиностроительного производства /Под ред. Разумова И.М., Щухгалтера Л.Я., Глаголевой Л.А/ – М.: Машиностроение, 1974.
- 21.Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1987. – 846 с.
22. СНиП II-23-81. Стальные конструкции. Нормы проектирования.

23. ГОСТ 2.312–72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – Взамен ГОСТ 2.312–68; введ.1973-01-01. – Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов, 2007. – 9с.

24. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.

25. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.

26. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.

27. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.

28. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

29. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.

30. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.

31. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
32. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
33. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
34. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
35. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78. Балашов, А.И. Экономика фирмы: учеб. пособие / А.И. Балашов. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 351 с.
36. Великанов, К.М. Экономика машиностроительного производства: практикум / К.М. Великанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 1999. – 96 с.
37. Волков, О.И. Экономика предприятия: курс лекций: учеб. пособие для вузов / О.И. Волков, В.К. Скляренко. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 280 с.
38. Грибов, В.Д. Экономика предприятия: учеб. + практикум / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 334 с.
39. Золотогоров, В.Г. Организация производства и управление предприятием: учеб. пособие / В.Г. Золотогоров. – Минск: Книжный Дом, 2005. – 448 с.