

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 98 с., 14рис., 24 табл.,38 источников, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: крышка УТК, ручная дуговая сварка, механизированная сварка в смеси защитных газов.

Предметом изучения является технология механизированной сварки в смеси углекислого газа и кислорода.

Актуальность исследования работы в том, что предприятие ООО ЗКПД ТДСК нуждается в более технологичной сборке и сварке крышки, применяя при этом более современный способ сварки.

Объектом изучения является сборка и механизированная сварка в среде защитного газа крышек форм УТК на предприятии ЗКПД ТДСК гор Томска.

Цель работы –поиск рационального способа сварки, применение новой технологии сборки, что в конечном итоге снизило бы затраты на сварку и облегчило труд сварщика.

Метод и методология проведения работы - сравнение и анализ двух способов сварки.

Полученные результаты и их новизна - найден и обоснован наиболее подходящий способ сварки, применена новая технология сборки крышки, а также решена проблема со сваркой конструкции.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3DV16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

## Zusammenfassung

AbschlussstrainingArbeit 98 p., 14 Abb., 24 Tab., 38 Quellen, 11 Blatt  
Anschauungsmaterial (Dias).

Stichwort: UTC Abdeckung, Lichtbogenhandschweißen,  
mechanisierteSchweißen in Gasgemische.

Der Gegenstand der Forschungist die Technologie der  
mechanisiertenSchutzgasschweißenmitdemEinsatz von kleinenMechanisierung.

Die Relevanz der Forschungsarbeit, die das Unternehmen ZKPD TDSK  
LLC mehrtechnologische Montage und Schweißen der Abdeckungerfordert,  
währendeinemerne Art der SchweißAnwendung.

Das ZieldieserStudieistzumechanisiertenSchweiß in  
einemGemischausKohlendioxid und Sauerstoff, die mitHilfe der Anordnung und  
Schweißen von DeckelnFormen UGC imUnternehmen ZKPD TDSK Tomsk Berge  
produziertwird.

Zweck - einevernünftige Art und Weise des Schweißenszufinden, die  
NutzungneuerTechnologienbauen und kleineMechanisierungimplementieren, die  
letztlichSchweißkostenreduzierenwürde und erleichtert die Arbeit des Schweißers.

Verfahren und Methodik der Arbeit - einVergleich und die Analyse von  
zweiArten von Schweiß.

Die Ergebnisse und ihreNeuheit - gefunden und erwiessichals die am  
bestengeeigneteSchweißverfahren,  
neueAbdeckungMontagetechnikangewendetwird, sowie das Problem mitdem  
Design von Schweißdurch die Verwendung von kleinenMechanisierunggelöst.

Finale qualifiziertArbeit des Ingenieursgemacht in Microsoft Word 2016  
Textverarbeitung und einGrafik-Editor "KOMPAS-3D V16" und in CD-RW-  
Laufwerk (in einemUmschlag auf der Rückseite) dargestellt.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

$I_{св}$  – сила тока;

$U_{д}$  – напряжение дуги;

$V_{св}$  – скорость сварки.

РДС – ручная дуговая сварка ;

АДС – автоматическая дуговая сварка;

ЭШС – электрошлаковая сварка;

КПД – коэффициент полезного действия;

УТК – утяжелитель кольцевой;

ЗКПД ТДСК-завод крупнопанельного домостроения Томской домостроительной компании;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 3 СПП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 4 ГОСТ 380-94- настоящий стандарт распространяется на углеродистую сталь обыкновенного качества, предназначенную для изготовления проката горячекатаного: сортового, фасонного, толстолистового, тонколистового, широкополосного и холоднокатаного тонколистового.

- 5 ГОСТ 8050-64- настоящий стандарт распространяется на газообразную и жидкую двуокись углерода;
- 6 ГОСТ 14771-76- «Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах».
- 7 ГОСТ 5264-80 -«Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка».
- 8 ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;
- 9 ГОСТ 12.1.003- 83 нормируемые параметры шума на рабочих местах;
- 10ГОСТ 12.1.005- нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;
- 11ГОСТ 12.0.002-74 требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- 12ГОСТ 17.2.3.02- 78 требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Коэффициент наплавки ( $\alpha_n$ ):** это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

**Сварочная ванна:** часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

**Принципиальная схема приспособления:** чертеж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений указаны места, способы фиксирования и закрепления всех деталей.

**Размерная цепь:** группа связанных между собой размеров, непосредственно участвовавших в решении поставленной задачи (согласование допусков на один или на все размеры) и образующих замкнутый контур.

**Базирование:** Определение положения изделия относительно приспособления.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	13
1 Описание сварной конструкции .....	15
2 Материал сварной конструкции .....	17
3 Свариваемость металла сварной конструкции .....	18
4 Обоснование выбора способа сварки .....	20
4.1 Механизированная сварка в углекислом газе .....	20
4.2 Сварка в смеси углекислого газа и кислорода .....	25
4.3 Сварка в $\text{CO}_2$ с использованием системы импульсного питания .....	28
5 Обоснование выбора сварочных материалов .....	35
5.1 Требования к подготовке, хранению и использованию сварочных материалов .....	41
6 Расчет режимов .....	43
6.1 Выбор формы подготовки свариваемых кромок .....	43
6.2 Расчет режимов механизированной дуговой сварки .....	43
6.3 Расчет режимов механизированной дуговой сварки в смеси газов $\text{CO}_2+\text{O}_2$ при импульсной системе питания .....	44
7 Техника сварки .....	47
8 Выбор основного сварочного оборудования .....	49
8.3 Дополнительное оборудование .....	51
9 Технология изготовления изделия .....	52
9.1 Заготовительные операции .....	52
9.2 Технологический процесс сборки и сварки .....	57
9.3 Сварочные напряжения и деформации .....	60
9.4 Технический контроль качества и исправление брака .....	61
10 Конструкторская часть .....	65
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	67
7.1 Техническое нормирование сварочных работ .....	67

11.2 Экономическая оценка сравниваемых сварочных процессов.....	71
11.2.1 Определение затрат на сварочные материалы .....	71
11.3.2 Затраты на заработную плату производственных рабочих.....	73
11.4 Отчисления на социальные цели (социальный налог) .....	74
11.5 Затраты на электроэнергию .....	74
11.6 Затраты на ремонт оборудования .....	75
11.7 Экономическое обоснование замены существующего процесса сварки на новый (предлагаемый) .....	78
12 Социальная ответственность .....	82
12.1 Производственная безопасность.....	82
12.1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	83
12.1.2 Обеспечение требуемого освещения на участке .....	85
12.1.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды.....	85
12.1.4 Расчет вентиляции.....	91
12.2 Экологическая безопасность .....	92
12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	92
12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	93
Заключение .....	95
Список использованных источников.....	96

Диск CD-R

В конверте на  
обороте обложки

ФЮРА.200000.023 Презентация.

Файл Презентация Лихоманов.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 200000.023 Пояснительная записка.

Файл ДипломЛихоманов. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист	демонстрационный лист
Введение	демонстрационный лист
Общий вид конструкции	демонстрационный лист
Общий вид конструкции	демонстрационный лист
Сравнительный анализ РДС и механизированной сварки в смеси газов	демонстрационный лист
Материал конструкции и сварочные материалы	демонстрационный лист
Сварочное оборудование	демонстрационный лист
Приспособление для сварки	демонстрационный лист
Сравнительная оценка способов сварки	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

## Введение

### Актуальность

В нефтяной и газовой промышленности России для прохождения трубопроводного транспорта через водные преграды (моря, реки, озера и т.д.) используются бетонные пригрузки (кольцевые утяжелители).

Над проблемой изготовления утяжелителей работали многие институты, в том числе и Томские. Первые пригрузки изготавливались из чугуна, что требовало очень больших финансовых затрат. Это обстоятельство потребовало применение новых материалов. В дальнейшем было внедрено в производство изготовление бетонных утяжелителей. Это снизило затраты на производство. Для изготовления данных утяжелителей необходимы металлические формы, в которых отливают изделия. Формы состоят основания и крышки, они в свою очередь собираются на железобетонных предприятиях. Такие формы изготавливают в Томске на заводе ЗКПД ТДСК.

Проблема сборки и сварки форм УТК в том, что технологический процесс давно устарел и нуждается в использовании современных способов сварки, а так же в повышении уровня механизации, т.к. форму до сих пор собирают вручную.

Объектом изучения является сборка и механизированная сварка в среде защитного газа крышек форм УТК на предприятии ЗКПД ТДСК гор Томска.

Предметом изучения является технология механизированной сварки в смеси углекислого газа и кислорода.

Цель работы – поиск рационального способа сварки, применение новой технологии сборки, что в конечном итоге снизило бы затраты на сварку и облегчило труд сварщика.

Научная или практическая новизна-применение новой организации изготовления крышки с использованием новой технологии сварки в специально сконструированных приспособлений.

Практическая значимость данного проекта заключается в скомпонованности комплекта оборудования и разработки технологии, которые могут быть использованы при сварке различных объемных листовых конструкций. Реализация и апробация дипломного проекта заключаются в том, что результаты могут быть приняты к рассмотрению и использованы на предприятии ООО ЗКПД ТДСК гор Томска.

## 1 Описание сварной конструкции

Форма УТК 1220-2 была спроектирована на заводе ЗКПД ТДСК в 2013г. Она была разработана с применением новых технологий и внедрена в производство.

Данная конструкция предназначена для отливки бетонного изделия.

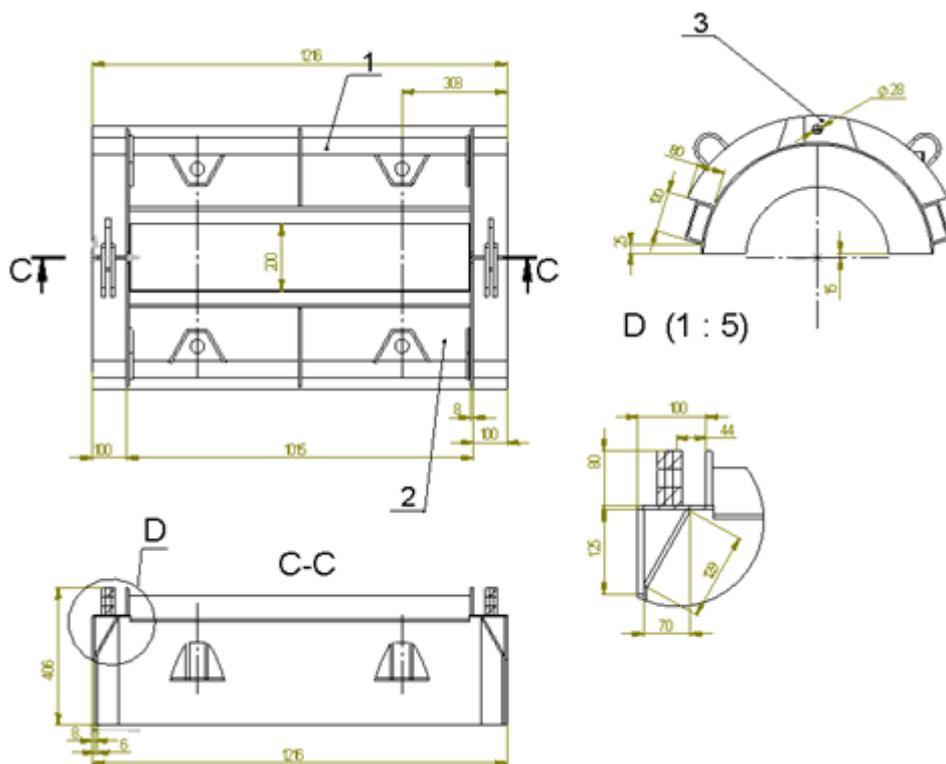


Рисунок 1 – Общий вид УТК 1220-2

Крышка устанавливается на раму, после этого прикручивается к ней 4-мя винтами для обеспечения герметичности. После этой операции форма заполняется бетоном и подвергается вибрации на виброустановках.

Крышка состоит из нескольких деталей: кессона (прокатанного листа на вальцах), карманов под болтовое соединение, ребер жесткости, загрузочного проема под бетон, швеллеров, шарниров, подъемных петель и фаски.

Полученные изделия отправляются на север и дальний Восток и служат утяжелителем для труб нефтяной и газовой промышленности. Эти изделия используются в качестве дополнительного пригруза на реках и болотах.

Данная конструкция имеет свои преимущества и недостатки. Среди преимуществ можно выделить следующие:

- она стала более технологичной, а именно, крышка легко снимается с изделия;

- конструкция оставляет меньше сколов на изделии.

Конструкция имеет недостаток:

- при обварке крышки нет легкого подхода к ней, тем самым усложняется процесс сварки и обработки.

## 2 Материал сварной конструкции

СтЗсп – это низкоуглеродистая сталь обыкновенного качества, поставляемая по ГОСТ 380-71. Сталь обыкновенного качества поставляется без термообработки в горячекатаном состоянии. Изготовленные из нее конструкции обычно не подвергаются последующей термообработки.

Механические свойства и химический состав стали СтЗсп представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Механические свойства стали СтЗсп при температуре  $T=20\text{C}^\circ$

Временное сопротивление $\sigma_{\text{в}}$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{\text{т}}$ , МПа для толщин до 20 мм	Относительное удлинение $\delta_5(\%)$ , для толщин до 20 мм
380-490	250	26

Таблица 2 – Химический состав стали СтЗсп

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cr, %	Cu, %	S, %	P, %
0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,05	до 0,04

Общие технологические свойства:

- свариваемость – без ограничений;
- склонность к отпускной способности – не склонна;
- флокеночувствительность – не чувствительна.

### 3 Свариваемость металла сварной конструкции

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся стали первой группы имеют  $C_s \leq 0,25\%$ , хорошо свариваются без образования закалочных структур и трещин с широким диапазоне режимов, толщин и конструктивных форм.

Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что  $C_s < 0,45\%$ , то данная сталь сваривается без предварительного подогрева.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [9, с.141] для нахождения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_s = C_s + C_p, \quad (1)$$

где  $C_s$  - химический эквивалент углерода,

$C_p$  - размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

$$C_s = 0,18 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,38 \%,$$

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s = 0,005 \cdot 8 \cdot 0,38 = 0,014 \%, \quad (3)$$

где  $\delta$  – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_s = C_s + C_p = 0,38 + 0,014 = 0,394 \%.$$

Полный эквивалент углерода  $C_e \leq 0,45$ , следовательно, подогрев не требуется.

Низкоуглеродистые стали обладают хорошей свариваемостью. Технология их сварки должна обеспечивать определенный комплекс требований, основные из которых – обеспечение надежности и долговечности конструкций (особенно из термически упрочняемых сталей, обычно используемых при изготовлении ответственных конструкций).[10,11]

#### 4 Обоснование выбора способа сварки

При выборе способа сварки следует руководствоваться следующими факторами:

- свойства свариваемого материала;
- толщина детали;
- габариты конструкции;
- экономическая эффективность.

В данном дипломном проекте рассматриваются три способа сварки приемлемых для выше указанной конструкции.

##### 4.1 Механизированная сварка в углекислом газе

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа.

В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные газы (углекислый газ, азот, водород и др.), иногда - смеси двух газов или более. В нашей стране наиболее распространено применение аргона Ar и углекислого газа CO<sub>2</sub>.

Углекислый газ бесцветный, со слабым запахом, в 1,52 раза тяжелее воздуха, не растворим в твердых и жидких металлах. Выпускают углекислый газ сварочный, пищевой и технический, имеющий соответствующую чистоту: 99,5; 98,5 и 98,0 %. Для сварки газ поставляют и хранят в стальных баллонах в сжиженном состоянии под давлением 7 МПа.

Сварку плавящимся электродом выполняют автоматическим или механизированным с помощью полуавтоматов. Сваривают металл толщиной 3 мм и более. Нормальное протекание процесса сварки и хорошее качество шва обеспечиваются при высокой плотности тока (100 А/мм<sup>2</sup> и более). В противном случае имеет место крупнокапельный перенос расплавленного металла с электрода в сварочную ванну, приводящий к пористости шва, сильному разбрызгиванию расплавленного металла и малому проплавлению основного металла.

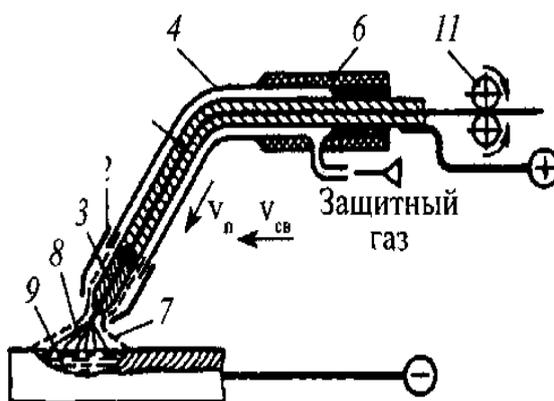


Рисунок 2 - Сварка в защитных газах[3]:

1 - присадочный пруток или проволока; 2 - сопло; 3 - токоподводящий мундштук; 4 - корпус горелки; 5 - неплавящийся вольфрамовый электрод; 6 - рукоять горелки; 7 - атмосфера защитного газа; 8 - сварочная дуга; 9 - ванна расплавленного металла; 10 - кассета с проволокой; 11- механизм подачи; 12 - плавящийся металлический электрод (сварочная проволока);  $v_{св}$  - скорость сварки;  $v_n$  - скорость подачи проволоки

Углекислый газ, оттесняя воздух от зоны сварки, диссоциирует в области дуги на кислород и окись углерода. Поэтому углекислый газ при высоких температурах является активным окислителем. При сварке углеродистой стали окисление жидкого металла в зоне высоких температур приводит в дальнейшем к взаимодействию в кристаллизирующейся части сварочной ванны закиси железа (кислорода) и углерода с образованием пузырьков окиси углерода, которые и являются причиной образования пор в металле шва.

Введение в сварочную ванну в достаточных концентрациях элементов раскислителей, в первую очередь кремния и марганца, а также некоторых других элементов, имеющих большое сродство к кислороду (титан, алюминий и др.), во первых, сдерживает процесс окисления жидкого металла и во-вторых тормозит реакцию взаимодействия кислорода и углерода в сварочной ванне, способствуя тем самым образованию плотных швов. Действительно, уже при содержании  $>0,2\%$  Si и  $.0,1-0,2\%$  C в металле упругость диссоциации окиси углерода при  $1540^{\circ}\text{C}$  больше упругости диссоциации  $\text{SiO}_2$ , т. е. при этих условиях кремний имеет сродство к

кислороду большее, чем углерод. Так была доказана принципиальная возможность сварки в углекислом газе углеродистых и легированных сталей. Достаточно высокое отношение марганца к кремнию в жидком металле приводит к совместному раскислению кристаллизующегося шва кремнием и марганцем. Это обуславливает получение продуктов раскисления с относительно невысокой точкой плавления, что облегчает их коагуляцию и удаление на поверхность ванны. К отмеченному следует добавить, что при достаточно высокой концентрации, марганца (с выше 0,7%) последний оказывает благоприятное влияние на состав - сульфидной фазы, обеспечивая в ней более высокое отношение  $MnS/FeS$ . Относительно же низкое общее содержание кислорода в металле шва, несмотря на окислительный характер газовой фазы, достигается также благодаря следующим дополнительным процессам:

- окисление кремния, марганца и других легкоокисляющихся элементов в зоне плавления приводит к образованию пленки шлаков, частично защищающих жидкий металл от непосредственного взаимодействия с газовой фазой;
- высокое содержание марганца в проволоке и жидком металле вызывает активное испарение этого элемента; пары марганца, вступая во взаимодействие с кислородом газовой фазы, снижают парциальное давление последнего.

При высоких плотностях тока перенос расплавленного металла с электрода становится мелкокапельным или струйным. В условиях действия значительных электромагнитных сил быстро движущиеся мелкие капли сливаются в сплошную струю. Такой перенос электродного металла обеспечивает глубокое проплавление основного металла, формирование плотного шва с ровной и чистой поверхностью и разбрызгивание в допустимых пределах.

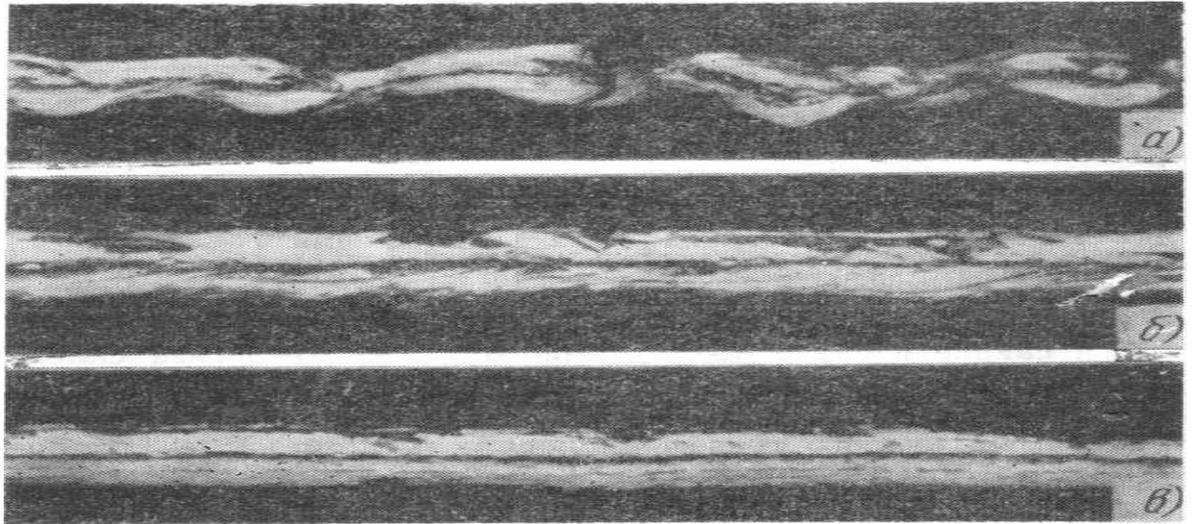


Рисунок 3 - Влияние частоты перехода свободно летящих капель на формирование шва при сварке проволокой диаметром 1,6мм: а - 5 капель в секунду, ток 200А; б - 25 капель в секунду, ток 380А; в - 50 капель в секунду, ток 470 А

В соответствии с необходимостью применения высоких плотностей тока для сварки плавящимся электродом используют проволоку малого диаметра (0,6...3 мм) и большую скорость ее подачи. Такой режим сварки обеспечивается только механизированной подачей проволоки в зону сварки. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. В данном случае электрические свойства дуги в значительной степени определяются наличием ионизированных атомов металла электрода в столбе дуги. Поэтому дуга обратной полярности горит устойчиво и обеспечивает нормальное формирование шва, в то же время ей соответствуют повышенные скорости расплавления проволоки и производительность процесса сварки.

При применении  $\text{CO}_2$  в качестве защитного газа необходимо учитывать некоторые металлургические особенности процесса сварки, связанные с окислительным действием  $\text{CO}_2$ . При высоких температурах сварочной дуги  $\text{CO}_2$  диссоциирует на оксид углерода (CO) и кислород (O), который, если не принять специальных мер, приводит к окислению свариваемого металла и легирующих элементов:  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$ . Окислительное действие O нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей.

Поэтому для сварки в  $\text{CO}_2$  углеродистых и низколегированных сталей применяют сварочную проволоку с повышенным содержанием марганца и кремния (Св-08ГС, Св-10Г2С и т.д.). На поверхности шва образуется тонкая шлаковая пленка из оксидов раскислителей. Диаметр проволоки равен 0,5 ... 2 мм. Сварку выполняют при плотности тока не менее 80 ... 100 А/мм<sup>2</sup>.

В углекислом газе сваривают конструкции из углеродистой и низколегированной сталей (газо- и нефтепроводы, корпуса судов и т.д.). Сварку выполняют в любом пространственном положении. Преимущества механизированной сварки  $\text{CO}_2$  благодаря ее стоимости и производительности часто диктуют замену ею ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

По сравнению с другими способами сварки в защитных газах обладает рядом преимуществ[4]:

- высокая степень концентрации дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации изделия;
- высокая производительность (по сравнению с РДС);
- высокоэффективная защита расплавленного металла;
- возможность визуального наблюдения за формированием шва;
- низкая стоимость углекислого газа;
- возможность сварки металлов различной толщины;
- отсутствие операции по удалению шлака;
- возможность сварки в различных пространственных положениях.

Недостатки способа[4]:

- применение газовой аппаратуры;
- применение защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
- повышенное разбрызгивание электродного металла.

Сварка в  $\text{CO}_2$ , как и прочие способы сварки, имеет свои рациональные области применения. Целесообразность применения сварки в  $\text{CO}_2$  должна решаться на основе анализа технических и экономических

показателей сварки конкретных изделий обязательно с учетом перспективы расширения применения данного способа сварки в цехе и на заводе, а также хорошей организации работ.

#### 4.2 Сварка в смеси углекислого газа и кислорода

В последнее время широкое распространение получает механизированная сварка в смеси углекислого газа и кислорода. Благодаря хорошему формированию швов, их повышенной стойкости против образования кристаллизационных трещин, уменьшению разбрызгивания и увеличению производительности сварки этот способ все больше применяется при изготовлении различных металлоконструкций и машин. При квалифицированном исполнении металл такого шва имеет высокие механические свойства и обеспечивает требуемое качество соединений.

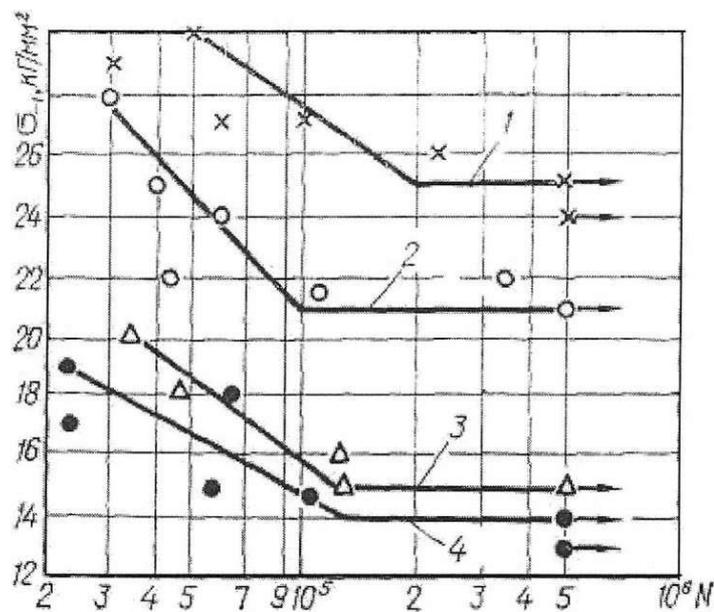
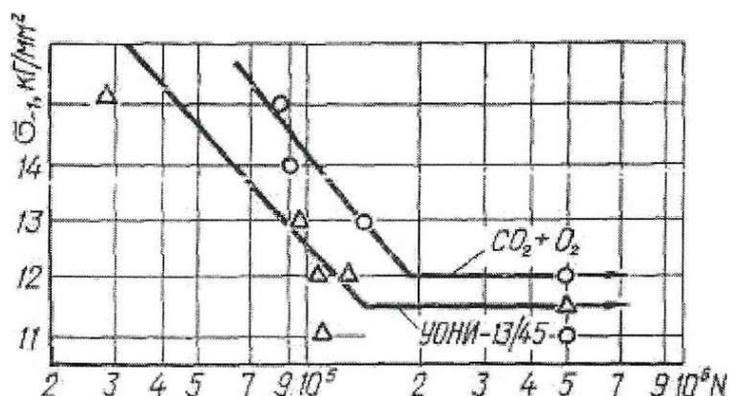


Рисунок 4 – Усталостная прочность при знакопеременном изгибе: 1,3 – сварка в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ; 2,4 – то же электродами УОНИ – 13/45.



### Рисунок 5 – Вибрационная прочность сварных соединений.

На основании выше изложенного, а также учитывая более высокую производительность и экономическую целесообразность механизированная сварка в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  более предпочтительна.

Также проведем сравнительный анализ механизированной сварки в  $\text{CO}_2$  и смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ .

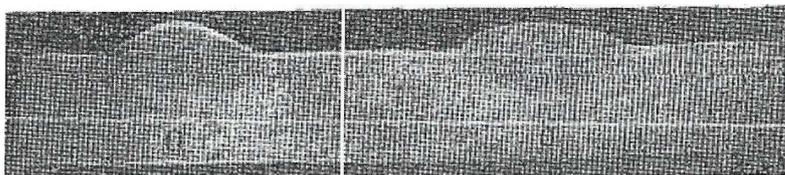
При сварке стали Ст3пс в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  с изменением  $\text{O}_2$  от 10 до 50% в швах угловых и стыковых соединений при оптимальных режимах и достаточной подаче газа трещины и поры не наблюдаются.

Также на характер переноса электродного металла влияет кислород. Добавление 8...12% кислорода к  $\text{CO}_2$  приводит к более мелкокапельному переносу электродного металла, так как кислород уменьшает поверхностное натяжение жидкого металла, удерживающее каплю на электродной проволоке.

При мелкокапельном переносе металла, улучшается формирование сварочного шва, уменьшается высота усиления и чешуйчатость шва, уменьшаются потери металла на разбрызгивание, а следовательно повышается производительность процесса сварки.

По сравнению со сваркой в углекислом газе сварка с добавлением до 50% кислорода дает следующие преимущества:

- брызги легче отделяются от металла;
- формирование шва улучшается, он гладкий, менее выпуклый, форма провара практически такая же, как при сварке в углекислом газе;
- при сварке металла с ржавчиной склонность шва к образованию пор меньше, чем при сварке  $\text{CO}_2$ ;
- смесь  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  дешевле углекислого газа. Расход ее такой же, как при сварке в  $\text{CO}_2$ .



А

Б

Рисунок 6 – макрошлиф швов, сваренных в среде: А - углекислого газа; Б – смеси углекислого газа и кислорода.

Таблица 3 – Содержание газов в швах при сварке в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  и углекислом газе

Защитная среда	Содержание		
	O, %	N, %	H, мл/100 г
$\text{CO}_2 + \text{O}_2$	0,045	0,0123	1,07
$\text{CO}_2$	0,05	0,0147	1,83

Таблица 4 – Механические свойства металла швов выполненных в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  и углекислом газе

Защитная среда	$\sigma_t$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
$\text{CO}_2 + \text{O}_2$	37,1	54,1	25,5	66,0
$\text{CO}_2$	39,8	56,9	27,2	66,0

Как видно, при сварке электродной проволокой Св-08Г2С в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  (до 50%  $\text{O}_2$ ) формирование шва улучшается, склонность его к порам уменьшается, а механические свойства такие же, как при сварке в  $\text{CO}_2$ . Опыты показали, что подобную смесь газов можно применять для сталей повышенной прочности.

Учитывая вышеизложенное сварка в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  наиболее целесообразна как с технологической так и с экономической сторон.

### 4.3 Сварка в CO<sub>2</sub> с использованием системы импульсного питания

Выходные координаты объекта управления - электродугового процесса сварки (и любого процесса сварки) - геометрия шва, структура металла шва и З.Т.В., химический состав металла шва невозможно контролировать (прямыми методами) в процессе сварки, а также управлять ими, т.к. нет прямых методов измерения этих величин в процессе сварки. Поэтому во всех системах автоматического регулирования (САР) для электродуговой сварки используют метод косвенного контроля этих параметров по параметрам внутреннего состояния объекта. Для электродуговой сварки это могут быть ток и напряжение дугового промежутка и погонная энергия, которые функционально связаны с выходными координатами.

Все основные САР электродуговой сварки - АРДС, АРНД, АРВ, АРП, САРн и другие построены по этому принципу, но это системы непрерывного действия, которые стабилизируют или управляют энергетическими показателями процесса, но не контролируют внутренние процессы в объекте: тепло- и массоперенос, термоцикл в изделии, пространственную устойчивость дуги, формирование шва, динамическую стабилизацию сварочной ванны при изменяющемся пространственном положении последней. Возможности таких систем уже давно исчерпаны.

В то же время при сварке плавящимся электродом одну из основных проблем представляют противоположные требования к величине сварочного тока со стороны электрода и изделия. Наилучшие сварочно-технологические свойства электродов проявляются при значениях тока несколько больших критических значений при механизированной и автоматической сварке, когда перенос электродного металла мелкокапельный или струйный и номинальных значениях тока при ручной дуговой сварке электродами с покрытием, когда перенос электродного металла меняет характер от перехода капель в сварочную ванну во время коротких замыканий дугового промежутка к переходу без коротких замыканий. Но как правило значение тока выбираются из других условий (толщина изделия, пространственное

положение сварочной ванны, форма разделки и т.д.). Кроме того даже при установочном изменении тока перед началом сварки изменяются условия плавления и переноса электродного металла.

Для совмещения противоречивых требований к сварочному току необходимы такие методы управления процессом сварки, при которых можно отдельно и независимо управлять плавлением и переносом электродного металла и плавлением и кристаллизацией основного металла за счет регулирования только одного параметра режима - сварочного тока, что возможно ввиду разной тепловой инерции электрода и сварочной ванны.

Основная задача при сварке длиной дугой - создание базовой ячейки процесса с номинальными параметрами режима на стадии капли независимыми от режима сварки (скорости подачи электрода) может быть решена только при совмещении функций плавления и переноса электродного металла во время импульса. При этом обеспечивается раздельное и независимое управление плавлением и переносом электродного металла и плавление и кристаллизацией основного металла, т.к. электрод плавится мгновенным значением тока, а изделие - средним значением тока. По своей сущности такой процесс целесообразно называть процессом импульсного питания сварочной дуги.

Сущность такого процесса заключается в том, что дугу питают импульсами тока с номинальными параметрами для данного электрода, а в промежутке между импульсами горит дежурная дуга небольшой мощности, обеспечивающая непрерывность горения дуги и играющая роль измерительной дуги.

Принципиальная возможность импульсного питания процесса сварки в защитной среде  $\text{CO}_2$  проволокой Св-08Г2С и самозащитной проволокой ПП1ДСК установлена [12].

С целью определения области режимов импульсного питания и технологических возможностей процесса сварки были проведены экспериментальные исследования. Сварка осуществлялась проволокой типа

Св-08Г2С диаметрами 0,9; 1,0; 1,2; 1,4мм и порошковой проволокой ПП1-ДСК диаметром 2,2 мм при сварке на обратной полярности, а также проволокой INERSHILD203 диаметром 2 мм на прямой полярности. Кинетика плавления и переноса электродного металла изучалась с помощью метода скоростной киносъемки с синхронным осциллографированием. Использовался импульсный источник питания, обеспечивающий регулирование в широких пределах основных параметров импульсов: амплитуды ( $I_u$ ), длительности ( $T_u$ ) и частоты следования импульсов ( $f$ ) при работе как по программе, так и с обратными связями.

На рисунке 7 представлена циклограмма процесса импульсного питания; на рисунке 8 характерные осциллограммы тока и напряжения и кинокадры процесса; на рисунке 9 показана форма сварного шва.

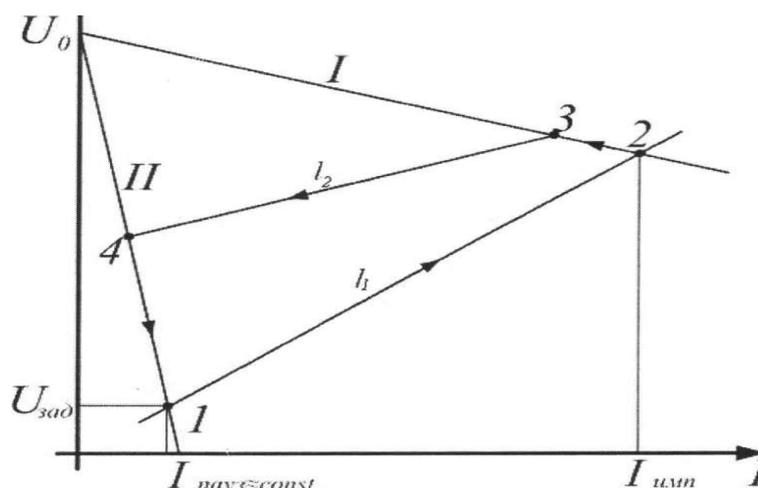


Рисунок 7 - Циклограмма процесса импульсного питания

$U_0$  - напряжение холостого хода источника питания;  $I$  - внешняя характеристика источника питания во время импульса;  $II$  - внешняя характеристика источника питания во время паузы при горении дежурной дуги;  $U_{зад}$  - заданное напряжение дуги в момент включения импульса сварочного тока;  $l_1$  - длина дуги соответствующая характеристике дуги в начале импульса;  $l_2$  - то же в момент окончания импульса.

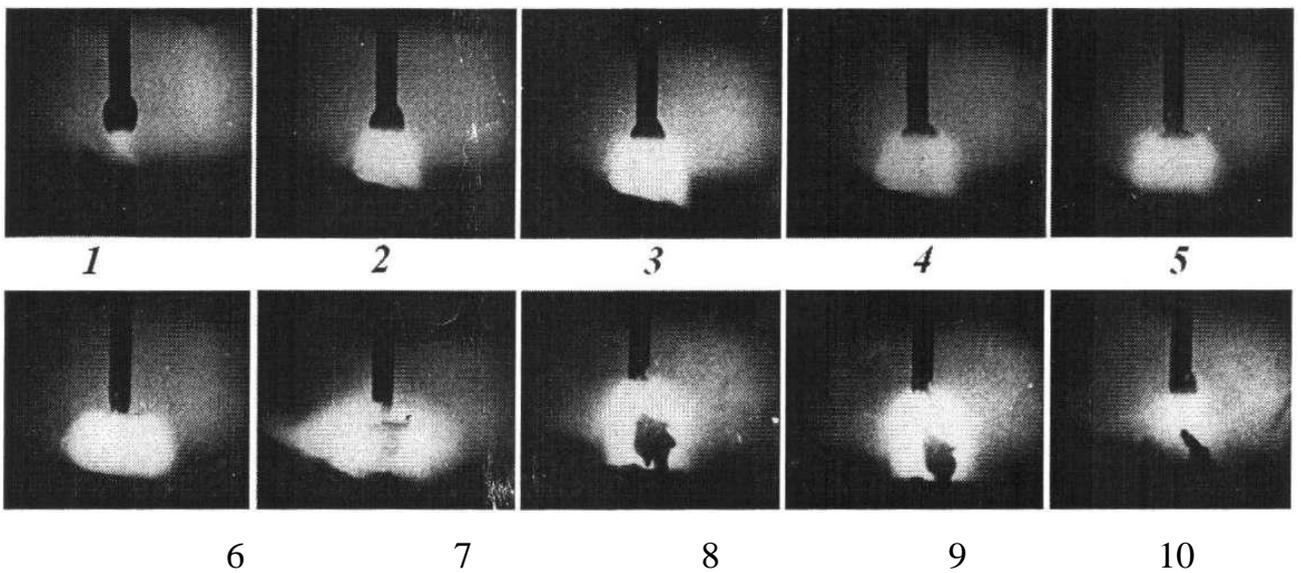
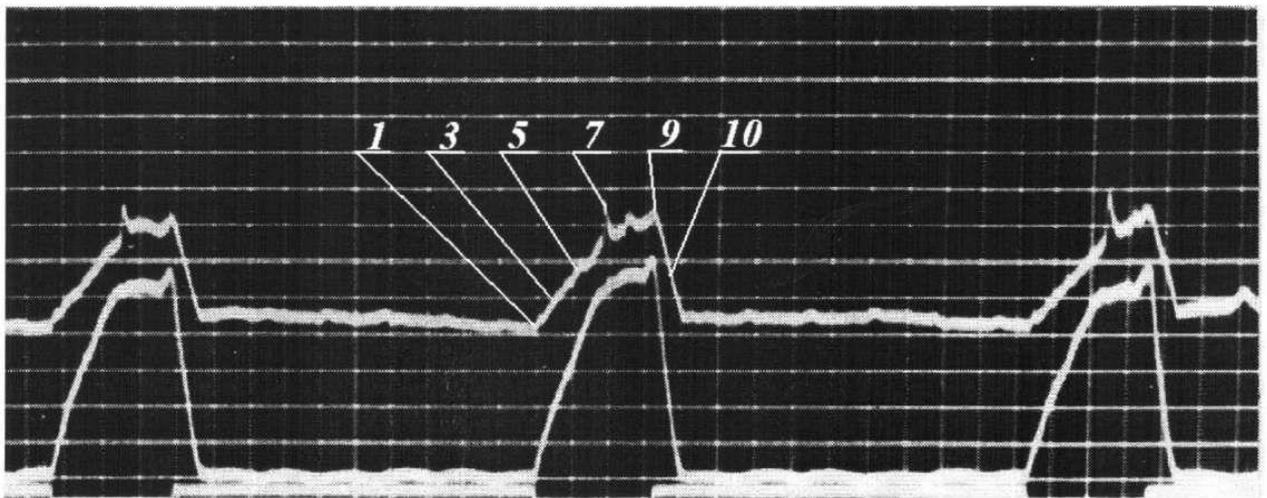


Рисунок 8 - Осциллограммы тока  $I_{\text{св}}$  и напряжения  $U_{\text{св}}$  дугового промежутка при сварке в  $\text{CO}_2$  проволокой Св-08Г2С, диаметром 1мм; масштабы по напряжению - 7В/дел, по току 100А/дел, по времени 2мс/дел. Кинокадры сняты синхронно с осциллографированием - 3000кадр/с.[15]

Изменение амплитуды импульса осуществляется за счет изменения напряжения холостого хода источника питания  $-U_0$ .

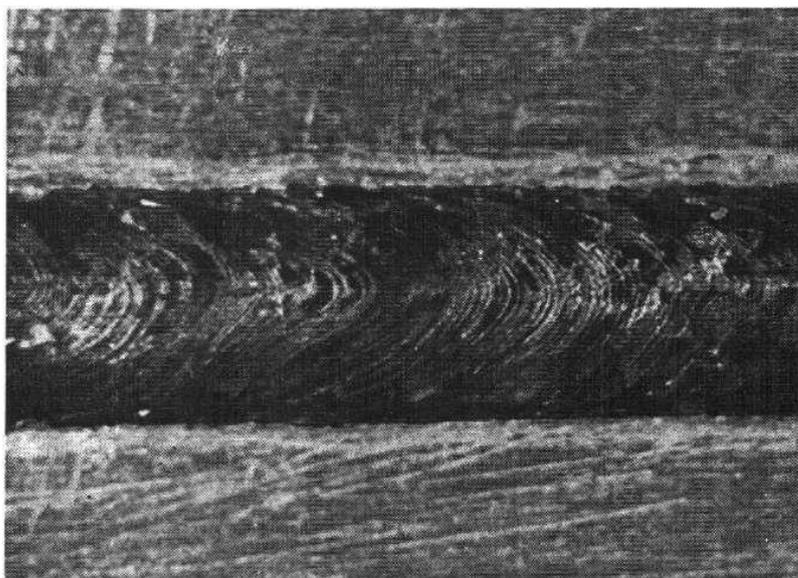


Рисунок 9- Внешний вид сварного шва при импульсно-дуговой сварке в  $\text{CO}_2$  проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2мм ( $I_{cв}=160\text{А}$ ;  $t_u=7,5\text{м/с}$ ;  $U_0=36\text{В}$ ;  $f=40^{-1}$ ;  $I_0=30\text{А}$ ;  $I_u=680\text{А}$ ).

Изменение амплитуды импульса осуществляется за счет изменения напряжения холостого хода источника питания  $-U_0$ .

Анализ факторов, влияющих на плавление и перенос электродного металла, показал, что необходимым условием проведения эксперимента должно быть поддержание постоянным напряжение дуги в момент включения импульса тока.

В процессе сварки при импульсном питании дуги рабочая точка перемещается по замкнутому контуру 1 - 2 - 3 - 4. В момент, совпадающий с концом паузы рабочая точка (режим) находится на характеристике II в точке 1, где напряжение дуги равно заданному. При включении тока импульса режим перемещается в точку 2 и по мере оплавления электрода в точку 3, соответствующую длине дуги  $l_2$ . Отрыв капли и окончание импульса означает переход в точку 4 на характеристику II источника питания (при длине дуги  $l_2$ ). Поскольку во время паузы плавление электрода незначительно, то рабочая точка по характеристике источника II на интервале паузы возвращается в точку 1. Затем цикл повторяется.

Процесс импульсного питания является нестационарным процессом и характеризуется следующими параметрами:

- $I_u$  - амплитуда импульса тока;
- $t_u$  - длительность импульса;
- $I_{\partial\partial}$  - ток дежурной дуги;
- $U_u$  - амплитуда импульса напряжения;
- $U_{\partial\partial}$  - напряжение дуги на интервале паузы;
- $t_n$  - длительность паузы;
- $T$  - период следования импульсов.

Таблица 5 - Ориентировочные режимы импульсно-дуговой сварки в среде  $\text{CO}_2$

Диаметр проволоки, мм	1.2	1.2	1.6
Положение шва	Нижнее	Вертикальное	Нижнее
Средний ток, А	140-260	120-140	170-450
Амплитуда тока в импульсе, А	660	660	1000
Длительность импульса, с • 10"	7	7	7
Частота, Гц	30-70	50	30-100
Базовый ток, А	40	40	65
Среднее напряжение, В	35-38	36	32-38
Скорость сварки, м/ч	15-20	30	15-20
Вылет, мм	15-20	18	20

Параметры импульсного питания достаточно просто могут быть стабилизированы в процессе сварки. При отсутствии значительных внешних возмущений стабилизация процесса при программном управлении осуществляется за счет саморегулирования, которое происходит на интервале импульса и значительно интенсивнее чем в непрерывном режиме из-за большой плотности тока.

При наличии больших внешних возмущений, как случайных, так и специально задаваемых, например, изменением скорости подачи проволоки для управления током в процессе сварки или изменение скорости установочно перед началом сварки за счет саморегулирования невозможно стабилизировать параметры микроцикла будут значительные изменения амплитуд тока и напряжения импульса. Здесь необходимо наличие обратной связи, контролирующей напряжение на интервале паузы, чтобы включение тока импульса производилось каждый раз при одном значении напряжения дугового промежутка (одинаковой длине дуги). Такой процесс легко поддается автоматизации и управлению.

## 5 Обоснование выбора сварочных материалов

Согласно ГОСТ 2246-70, в котором регламентируется настоящий стандарт распространяющейся на холоднотянутую сварочную проволоку из низкоуглеродистой, легированной и высоколегированной стали. Производим выбор сварочной проволоки для стали СтЗсп.

Проволока стальная сварочная по ГОСТ 2246-70: Проволока сварочная из сталей с низким содержанием углерода Св-08; Св-08А и легированных Св-08ГС; Св-08Г2С. По виду поверхности проволока производится неомедненной и омедненной. Медное покрытие - 6 мкм. Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, плен, закатов, забоин, окалины, ржавчины, масла и др. загрязнений. Допускаются отдельные риски, царапины, местная рябизна, вмятины глубиной не более предельного отклонения по диаметру.

Таблица 6- Химический состав (%):

	P	Mn	Si <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>	Cr <sub>max</sub>	Ni <sub>max</sub>	Cu <sub>max</sub>
Св08	0,10	0,35 - 0,60	0,03	0,04	0,04	0,15	0,30	0,25
Св08А	0,10	0,35 - 0,60	0,03	0,03	0,03	0,12	0,25	0,25
Св08Г2С	0,03	1.80 - 2.10	0.7 - 0.95	0.03	0.025	0.20	0.25	0.20

Св-08Г2С - Механизированная сварка в защитных газах конструкций ответственного и общего назначения.

Типичные механические свойства металла шва:

- временное сопротивление, МПа	550
- предел текучести, МПа	450
- относительное удлинение, %	30
- ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> при -30 С	50

Рекомендуемый режим сварки: постоянный ток (полярность обратная).

Поставляется сварочная проволока на пластиковых кассетах по 18, 15 и 5 кг и на металлических каркасах. Внешний диаметр кассеты составляет 200

мм для 5-ти кг. изделий, для остальных – 300 мм. Внутренний диаметр кассеты для 5-ти и 15-ти кг. - 51 мм, для 18-ти кг. - 180 мм.

Сварочная проволока Св08Г2С обладает рядом преимуществ:

- экономически выгодный вид широкого спектра применения;
- может использоваться в области дуги струйного переноса и короткой дуги;
- рядная намотка, ускоряющая и упрощающая сварочный процесс;
- ровный и стабильный химический состав, высокое качество омеднения, не уступающее западным аналогам;
- во избежание коррозии каждую катушку и каркас проволоки запаивают в термоусадочную плёнку с добавлением силикогеля.

В процессе сварочных работ обеспечивается ровное формирование шва с блестящей поверхностью, отсутствием различных дефектов, таких, как пористость, наплывы и других. Шов, полученный в результате сварки, способен выдержать значительные температурные и ударные нагрузки, оказывая сопротивление разрыву.

В связи с выше изложенным выбираем в качестве сварочного материала Св08Г2С, который предназначен для сварки в среде углекислого газа.

Для стабильного горения дуги и меньшего засорения шлангов и проводов необходимо, чтобы проволока имела чистую поверхность и не имела изгибов.

Углекислый газ, или двуокись углерода, оксид С (IV), высший оксид углерода, может находиться в газообразном, сжиженном и твердом (в виде сухого льда) состояниях. Плотность двуокиси углерода зависит от давления, температуры и агрегатного состояния, в котором она находится. При атмосферном давлении и температуре - 78,5 °С двуокись углерода, минуя жидкое состояние, превращается в белую снегообразную массу «сухой лед».

Углекислый газ - широко распространенный в природе бесцветный газ, имеет слабый кислотный запах и вкус, хорошо растворяется в воде и,

образуя угольную кислоту  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , придает ей кислый вкус. В воздухе содержится 0,03 %  $\text{CO}_2$ . При нулевой температуре и давлении 101,3 кПа плотность углекислого газа равна 0,001976 г/см<sup>3</sup> и по отношению к воздуху составляет 1,524.

Жидкая двуокись углерода - бесцветная жидкость. Она существует при комнатной температуре лишь при давлении более 5,85 МПа. Плотность жидкой  $\text{CO}_2$  0,771 г/см<sup>3</sup> (20 °С). Удельная масса жидкой двуокиси углерода значительно изменяется с температурой, поэтому количество двуокиси углерода определяют и продают по массе. Растворимость воды в жидкой двуокиси углерода в интервале температур 5,8 - 22,9 °С не более 0,05 %. Двуокись углерода хорошо растворяет машинное масло.

Жидкая двуокись углерода превращается в газ при подводе к ней теплоты. При нормальных условиях (20 °С и 101,3 кПа) при испарении 1 кг жидкой углекислоты образуется 509 л газа. При чрезмерно быстром отборе газа, понижении давления в баллоне и недостаточном подводе теплоты углекислота охлаждается, скорость ее испарения снижается и при давлении 0,53 МПа и температуре - 56,6 °С она превращается в сухой лед. При нагреве сухой лед непосредственно превращается в углекислый газ, минуя жидкое состояние. Для испарения сухого льда необходимо подвести значительно больше теплоты, чем для испарения углекислоты; поэтому если в баллоне образовался сухой лед, то испаряется он медленно.

Двуокись углерода термически устойчива, диссоциирует на окись углерода и кислород только при температуре выше 2000 °С.

Поскольку для получения швов высокого качества необходим углекислый газ высокой чистоты, для сварки используют двуокись углерода высшего и первого сортов.

Согласно ГОСТ 8050-85 двуокись углерода не должна содержать сероводород, кислоты, органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды и органические кислоты), аммиак, этаноламины и ароматические углеводороды.

Углекислый газ получают в промышленности несколькими способами, из которых наиболее распространены следующие.

- из газов, образующихся при брожении спирта, пива, расщепления жиров. Отходящий газ в этих случаях представляет собой почти чистый углекислый газ и является дешевым побочным продуктом производства;

- из отходящих газов химических производств, в первую очередь синтетического аммиака и метанола. Отходящие газы содержат примерно 90 %  $\text{CO}_2$ ;

- из дымовых газов промышленных котельных, сжигающих уголь, природный газ и другое топливо. Дымовой газ содержит 12-20 %  $\text{CO}_2$ .

Двуокись углерода нетоксична, невзрывоопасна. Однако при концентрациях более 5 % ( $92 \text{ г/м}^3$ ) двуокись углерода оказывает вредное влияние на здоровье человека, так как она тяжелее воздуха в 1,5 раза и может накапливаться в слабопроветриваемых помещениях у пола и в приямках, а также во внутренних объемах оборудования для получения, хранения и перевозки газообразной, жидкой и твердой двуокиси углерода. При этом снижается объемная доля кислорода в воздухе, что может вызвать явления кислородной недостаточности и удушья. Предельно допустимая концентрация двуокиси углерода в воздухе рабочей зоны  $9,2 \text{ г/м}^3$  (0,5 %).

Помещения, где производится сварка с использованием в качестве защиты двуокиси углерода, должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.

Жидкая двуокись углерода при снижении давления до атмосферного превращается в газ и снег температурой -  $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , которые могут вызвать при непосредственном попадании обморожение кожи и поражение слизистой оболочки глаз.

При осмотре внутреннего сосуда бывшей в эксплуатации цистерны для транспортирования и хранения жидкой двуокиси углерода цистерна должна быть отогрета до температуры окружающей среды, внутренний сосуд про-вентилирован или продут воздухом. Работа внутри сосуда должна

проводиться в шланговом противогазе. Работать без противогаза разрешается только после того, как объемная доля двуокиси углерода внутри сосуда (оборудования) будет ниже 0,5 %.

Жидкая углекислота бесцветна; ее удельный вес сильно меняется с температурой. При испарении 1 кг жидкой углекислоты при 0 °С и 760 мм рт. ст. образуется 506,8 л газа. В стандартный баллон с водяной емкостью 40 л заливается 25 кг жидкой углекислоты, которая при нормальных условиях занимает 67,5% объема баллона и образуется при испарении 12,67 м газа.

Баллон окрашен в чёрный цвет, надпись «Углекислый газ» - жёлтая.

Основными примесями углекислого газа, отрицательно влияющими на процесс сварки и свойства швов, являются воздух (азот воздуха) и вода. Воздух скапливается над жидкой углекислотой в верхней части баллона, а вода - под углекислотой в нижней части баллона.

Вследствие этого, как правило, чистота газа, взятого из вертикально расположенного баллона (из газовой фазы), ниже чистоты газа, взятого из горизонтально расположенного баллона (из жидкой фазы).

Объёмная доля углекислого газа первого сорта не менее 99,5%, массовая концентрация водяных паров при температуре 20 °С и давлении 760 мм рт.ст. не более 0,184 г/м<sup>3</sup>.

Углекислый газ нетоксичен, невзрывоопасен.

Кислород газообразный технический и медицинский (ГОСТ 5583-78) получают из атмосферного воздуха способом низкотемпературной ректификации. Технический газообразный кислород получают еще и путем электролиза воды.

Технический кислород применяют для газопламенной обработки металлов и для других технических целей. Медицинский кислород используют для дыхания и лечебных целей.

Газообразный кислород - бесцветный газ без запаха и вкуса, хорошо поддерживает горение. При температуре - 182,9°С и давлении 0,101 МПа газообразный кислород переходит в жидкое состояние.

Выпускается технический кислород трех сортов с объемной долей кислорода не менее: I сорт - 99,7%; II - 99,5%; III сорт - 99,2%. Медицинский кислород выпускают чистотой не менее 99,5%.

Кислород нетоксичен, не горюч и не взрывоопасен, однако, являясь сильным окислителем, он резко увеличивает способность других материалов к горению. Поэтому для работы в контакте с кислородом можно использовать только разрешенные для этого материалы.

При соприкосновении кислорода, находящегося в сжатом состоянии, с маслами, жирами или мелкодисперсными горючими веществами (угольной пылью, ворсинками тканей и др.) может произойти мгновенное их воспламенение с выделением большого количества тепла. Воспламенение происходит при обычных температурах, хотя температура воспламенения этих масел на воздухе составляет 300-400°С. Наиболее вероятно, что, как и в некоторых процессах сгорания, в этом случае образуются перекиси, быстрый распад которых вызывает воспламенение. Возможно также, что уже при обычных температурах образуется тонкий слой перекисей на поверхности масла. При толчкообразной подаче кислорода перекиси интенсивно разлагаются, что обуславливает активное воспламенение. Количество выделяющегося тепла во многих случаях бывает достаточным для того, чтобы металлические части арматуры нагрелись до высокой температуры и воспламенились в атмосфере кислорода.

Пористые органические вещества (уголь, сажа, торф, шерсть, ткани и др.), пропитанные жидким кислородом, дают при воздействии на них детонатора или искры сильный взрыв.

С целью предотвращения возможных аварий и несчастных случаев необходимо тщательно обезжировать контактирующую с кислородом аппаратуру.

Газообразный кислород транспортируют в стальных баллонах (ГОСТ 949-73) или в автоцистернах под давлением 15+0,5 МПа (150+5кгс/см ) или 20+1,0 МПа (200+10 кгс/см) при температуре 20°C, а также по трубопроводам.

На крупных заводах, имеющих свои кислородные станции, кислород поступает в цехи по трубопроводам под давлением до 1,6 МПа.

### 5.1 Требования к подготовке, хранению и использованию сварочных материалов

Все сварочные материалы должны проходить входной контроль, включающий:

- проверку наличия сертификатов качества или сертификатов соответствия фирмы (завода-изготовителя);
- проверку сохранности упаковки;
- проверку внешнего вида покрытия электродов, проволок;
- проверку сварочно-технологических свойств электродов и порошковых проволок.

Сварочные материалы в соответствии с требованиями изготовителей следует хранить в сухих отапливаемых помещениях при условиях, предупреждающих их увлажнение (температура воздуха – не менее плюс 15 °С; влажность воздуха - не более 50 %) и гарантирующих сохранность и герметичность упаковки [3,4].

Электроды, порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения и флюсы при условии герметичности упаковки и централизованного складирования в специально оборудованном помещении могут храниться без дополнительной проверки в течение одного года.

Если упаковка негерметична или повреждена, то электроды и проволоки должны быть подвергнуты дополнительной проверке их внешнего вида и сварочно-технологических свойств и использованы в первую очередь. Дальнейшему длительному хранению такие сварочные материалы не подлежат.

Если в результате обследования внешнего вида на поверхности проволоки или на электродном стержне обнаружены следы ржавчины и/или в результате проверки сварочно-технологических свойств сварочных материалов установлено, что они не обеспечивают качество выполнения сварных швов, то такие сварочные материалы не подлежат использованию.

Сварочные электроды с покрытием основного вида, упакованные в картонные коробки, обтянутые термоусадочной пленкой, должны быть прокалены перед сваркой при температуре 300-350 °С в течение 1,0-1,5 час. с последующим размещением в термостатах (термопеналах). Электроды, не размещенные в термопеналах, хранятся в сушильно-прокалочных печах.

Сварочные электроды с основным видом покрытия, упакованные в герметичные металлические банки, не требуют прокалки перед сваркой. Однако, в случае, если электроды из открытой металлической банки не были использованы в течение рабочей смены (8...10 час.), а также в случае, если герметичность банки была нарушена в процессе транспортировки или хранения, электроды следует прокалить непосредственно перед сваркой в течение одного – двух часов. Срок хранения электродов в герметичных металлических банках не ограничен.

Прокаленные электроды с основным видом покрытия могут быть использованы в течение двух суток без дополнительной прокалки при условии хранения в сухом помещении при температуре не менее плюс 15 °С. Если прокаленные сварочные материалы не использованы в течение двух суток, то они подлежат повторной прокалке.

Допускается повторная прокалка электродов с основным видом покрытия до 5 раз (при общем времени прокалки не более 10 час.). При хранении прокаленных электродов в сушильных шкафах с температурой 100-150 °С повторная прокалка не требуется [3].

## 6 Расчет режимов

### 6.1 Выбор формы подготовки свариваемых кромок

Согласно ГОСТ 14771-70: соединения сварные, основные типы, конструктивные элементы и размеры показаны на рисунке 10.

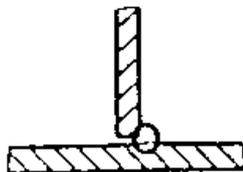


Рисунок 10 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и сварного шва

Условное обозначение свариваемого соединения - Т<sub>1</sub>.

Так как по имеющимся данным S (толщина металла)=S<sub>1</sub>=5 мм, то катет шва принимаем 5 мм.

### 6.2 Расчет режимов механизированной дуговой сварки

Для начала расчетов необходимо определить площадь поперечного сечения шва, исходя из его катета:

$$F_n = k^2/2 = 5^2/2 = 12,5 \text{ мм}^2 \quad (7)$$

При выборе диаметра электрода необходимо воспользоваться также значением катета шва, таким образом, принимаем диаметр 2 мм.

Исходя из диаметра электрода принимаем значение  $j_s = 105 \text{ А/мм}^2$ .

Согласно принятым значениям ток сварки равен:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot j_s = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot 105 = 330 \text{ А} \quad (8)$$

Для определения скорости сварки, находим  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки выбранного электрода, г/(А·ч):

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) \quad (9)$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления,

$\psi_n$  – коэффициент потерь в относительных единицах:

$$1 - \psi_n = 1 - 10^{-2} \cdot (-4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_s - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_s^2) = 1 - 0,08821 \quad (10)$$

Принимаем величина вылета электрода  $l = 12 \text{ мм}$ . Тогда:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{св}} \frac{l}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{330} \cdot \frac{1,2}{0,2^2} = 10,739 \quad (11)$$

Тогда из формулы (10) получаем:

$$\alpha_n = 9,87$$

Следовательно скорость сварки равна:

$$v_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{8,435 \cdot 330}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,125} = 0,92 \text{ см/с} \quad (12)$$

Находим напряжение дуги:

$$U_\delta = 17 + \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{d_3}} I_{св} - 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{0,2}} \cdot 330 - 1 = 27 \text{ В} \quad (13)$$

Определим погонную энергию:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_\delta}{v_{св}} = \frac{0,82 \cdot 330 \cdot 27}{0,915} = 7941 \text{ Дж/см} \quad (14)$$

где  $\eta_u$  - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, равный 0,82.

Расход углекислого газа равен:

$$q_{газ} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 330^{0,75} \cdot 60 = 15,3 \text{ л/мин} \quad (15)$$

Таблица 7 - Режимы механизированной сварки в углекислом газе.

Марка проволоки	$\kappa$ , мм	$d_3$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_\delta$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$q_{газ}$ , л/мин
Св08Г2С	5	2,0	330	27	33	15,3

### 6.3 Расчет режимов механизированной дуговой сварки в смеси газов $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ при импульсной системе питания

Для начала расчетов необходимо определить площадь поперечного сечения шва, исходя из его катета из формулы (7):

$$F_n = k^2/2 = 5^2/2 = 12,5 \text{ мм}^2$$

При выборе диаметра электрода необходимо воспользоваться также значением катета шва, таким образом, принимаем диаметр 2 мм.

Исходя из диаметра электрода принимаем значение  $j_3 = 105 \text{ А/мм}^2$ .

Согласно принятым значениям ток сварки равен из формулы (8):

$$I_{ce} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j_3 = \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} \cdot 105 = 330 \text{ А}$$

Для определения скорости сварки, находим  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки выбранного электрода, г/(А·ч) из формулы (11):

$$1 - \psi_n = 1 - 10^{-2} \cdot (-4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_3 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_3^2) = 1 - 0,08821$$

Принимаем величина вылета электрода  $l = 12$  мм. Тогда из формулы (11):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{ce}} \frac{l}{d_3^2} \cdot 1,4 = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{330} \cdot \frac{1,2}{0,2^2} \cdot 1,4 = 15$$

Коэффициент 1,4 характеризует уменьшение потерь в связи с использованием смеси газов, т.е. на 10% и системы импульсного питания, т.е. на 30%.

Тогда из формулы (9) получаем:

$$\alpha_n = 13,667$$

Следовательно скорость сварки равна из формулы (12):

$$v_{ce} = \frac{\alpha_n \cdot I_{ce}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{13,667 \cdot 330}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,125} = 1,277 \text{ см/с}$$

Находим напряжение дуги из формулы (13):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{d_3}} I_{ce} - 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{0,2}} \cdot 330 - 1 = 27 \text{ В}$$

Определим погонную энергию из формулы (14):

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{ce} \cdot U_d}{v_{ce}} = \frac{0,85 \cdot 330 \cdot 27}{1,277} = 5924 \text{ Дж/см}$$

где  $\eta_u$  - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, равный 0,85 (в смеси газов).

Расход углекислого газа и кислорода равен из формулы (15):

$$q_{газ} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 330^{0,75} \cdot 60 = 15,3 \text{ л/мин}$$

Таким образом в связи с соотношением смесей газов имеем:

$$q_{o_2} = 15,3 \cdot 0,25 = 3,8 \text{ л/мин} \quad (16)$$

$$q_{co_2} = 15,3 \cdot 0,75 = 11,5 \text{ л/мин} \quad (17)$$

Таблица 8 - Режимы механизированной сварки в углекислом газе и смеси газов CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> при импульсном источнике питания

Среда, источник	Марка проволоки	$d_э$ , мм	$I_{св}$ А	$U_д$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$q_{o_2}$ л/мин	$q_{co_2}$ л/мин
CO <sub>2</sub> , обычный	Св08Г2С	2,0	330	27	33	-	15,3
CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> , Импульс.	Св08Г2С	2,0	330	27	46	3,8	11,5

## 7 Техника сварки

Сварка в углекислом газе и его смесях может производиться во всех пространственных положениях. Сварка вертикальных и потолочных швов может производиться только малыми токами электродом небольшого диаметра.

От положения и перемещения горелки относительно изделия (техники сварки) в значительной степени зависят устойчивость процесса, надежность защиты, возможность наблюдения за зоной сварки, интенсивность забрызгивания горелки, а также форма и качество шва. При автоматической и полуавтоматической сварке расстояние от сопла горелки до изделия целесообразно выдерживать в указанных ниже пределах.

Таблица 9 - Зависимость расстояния от сопла горелки до изделия, от диаметра электрода

Диаметр электрода мм	1,0-1,2	1,6-2,0
Расстояние от сопла горелки до изделия мм	10-40	15-60

Полуавтоматическая сварка в нижнем положении может производиться с наклоном горелки вперед или назад под углом 5-15°. Предпочтительнее вести сварку углом назад, при которой обеспечиваются более надежная защита расплавленного металла и несколько лучший вид шва. Наклон горелки под углом 30° и более заметно ухудшает устойчивость процесса и может способствовать образованию дефектов в швах.

В процессе сварки горелка не должна задерживаться на одном месте.

При сварке швов большого сечения не следует слишком увеличивать размер сварочной ванны (более 25-30 мм). Как правило, сварку широких швов рекомендуется производить узкими валиками с большей скоростью. Полуавтоматическая сварка угловых швов производится с наклоном горелки от вертикальной стенки изделия  $\alpha$  на 30° - 40° и наклоном горелки к оси шва ( $\beta$  углом назад на 5 - 15° (рисунок 11).

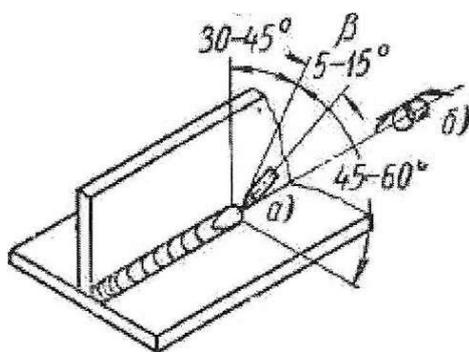


Рисунок 11 - Схема положения (а) и перемещения (б) горелки при полуавтоматической сварке угловых швов в  $\text{CO}_2$ .

Удовлетворительное формирование однопроходных угловых швов с катетом до 4-7 мм может быть получено при полуавтоматической сварке токами до 250-350 А. Низкое напряжение дуги вызывает чрезмерное усиление швов, а высокое напряжение - подрезы.

## 8 Выбор основного сварочного оборудования

Выбираем полуавтомат сварочный ПДГО-510-5 с ВДУ-511.



Рисунок 12 - ПДГО-510-5 с ВДУ-511

Полуавтомат предназначен для сварки изделий из стали на постоянном токе стальной и порошковой проволокой в среде защитных газов. Имеет возможность ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Полуавтомат состоит из подающего механизма ПДГО-510-5 и выпрямителя ВДУ-511. Подающий механизм полужакрытого типа, внутри которого установлен 4-х роликовый редукторный привод, электромагнитный клапан, плата управления и газовый тракт. Органы управления сварочным режимом расположены на лицевой панели. Снаружи на отдельном кронштейне расположена кассета и тормозное устройство. Механизм подачи может быть использован при работе непосредственно с полной бухтой электродной проволоки, уложенной на разматывающее устройство. Полуавтомат обеспечивает:

Плавную регулировку и стабилизацию скорости подачи сварочной проволоки

Управление газовым клапаном, подающим механизмом и сварочным источником от кнопки на горелке

Изменение параметров сварочного режима в процессе сварки

Регулировку длительности растяжки дуги и продувки газа до и после сварки

Регулировку вылета сварочной проволоки, времени продувки защитного газа до и после сварки

Наименование	Значение	
	Напряжение питающей сети, В	ВДУ-511
3x380		48
Частота питающей сети, Гц	50	-
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	500 (60%)	-
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500	-
Напряжение холостого хода, В, не более	85	-
Номинальное рабочее напряжение, В	56	-
Диаметр электрода, электродной проволоки, мм		
	- Стальная	1.2-2.0
- Порошковая	-	1.2-2.0
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	-	70-1100
Мощность привода, Вт	-	90
Потребляемая мощность, кВА, не более	45	-
Масса, кг, не более	240	13
Габаритные размеры, мм, не более	750x650x1150	550x210x400

Преимущества:

Использование 4-х роликового редукторного привода обеспечивает повышенное тяговое усилие и возможность работы с горелками длиной до 5 м

Имеет преимущества по производительности сварки во всех пространственных положениях по сравнению с большинством зарубежных сварочных установок.

Предназначен для машиностроения. Выполняет заполняющие и облицовочные слои шва угловых, тавровых и стыковых соединений

Возможность применения практически любых типов стандартных горелок с евразъемом или втычным соединением

Зубчатое зацепление подающего и прижимного роликов

### 8.3 Дополнительное оборудование

Постовой смеситель газов УКП-1-71 предназначен для смешивания углекислого газа с кислородом и автоматического поддержания постоянным заданного состава газовой смеси. Смеситель состоит из регулятора давления с редуктором ЛКП-1-65 и узла пропорционального смешивания газов. Общий вид газового постового смесителя УКП-1-71 показан на рисунке 13.

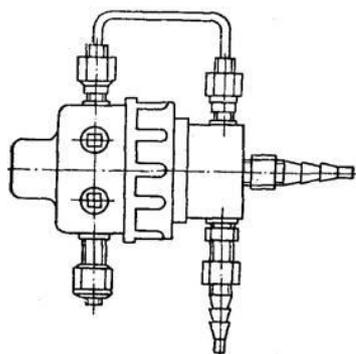


Рисунок 13 - Газовый постовой смеситель УКП-1-71

Рамповый смеситель УКР-1-72 предназначен для смешивания углекислого газа с кислородом и автоматического поддержания постоянным заданного состава газовой смеси. Смеситель состоит из регулятора давления кислорода и редуктора ДКР-500. Одновременное регулирование рабочего давления кислорода и углекислого газа производится пусковым редуктором.

Технические характеристики смесителей газов представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики смесителей газов [19]

Тип смесителя	Газ	Состав смеси в процентах	Давление, кПа	Расход смеси, м <sup>3</sup> /ч	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
УКП-1-71	CO <sub>2</sub>	70	20-100	1,2	200x110x160	2,15
	O <sub>2</sub>	30	120-150	1,2		

Для преобразования сварочного тока в импульсный режим используем модулятор М-1200.

## 9 Технология изготовления изделия

### 9.1 Заготовительные операции

Нормативными документами предусмотрен ряд требований, выполнение которых должно обеспечить условия для получения сварного соединения хорошего качества. К ним относятся допускаемые отклонения по разностенности сопрягаемых деталей, смещению и чистоте кромок, перпендикулярности торцов заготовок и фланцев их оси, а также на геометрические размеры разделки кромок и собранного под сварку стыка.

Технологический процесс изготовления заготовок может включать следующие операции: правку, разметку, резку, обработку кромок, гибка и очистку под сварку.

Для изготовления кожуха крышки используется листгорячекатаный, поставляемый по ГОСТ 19903-74.

$$\text{Лист } \frac{A-PO-O-5 \times 1500 \times 6000 \text{ ГОСТ } 1903-74}{\text{Ст } 3 \text{ ГОСТ } 14637-69}$$

Для изготовления ребер жесткости используется тот же лист что и для кожуха крышки, также как и карманов.

Листы поступают в цех пачками и транспортируются на место хранения мостовым краном и складировются большие листы на стеллажах вертикалом, а маленькие на подкладках в горизонтальном положении.

Разметку под резку производят по шаблонам для небольших заготовок и по линейки для больших заготовок.

Резка заготовок, включая отрезку и подготовку кромок, выполняется любыми способами, обеспечивающими необходимую форму, размеры и качество реза. Поэтому наиболее предпочтительным способом резки и подготовки кромок является механическая резка.

Для прямолинейной резки листового металла применяем ножницы гидравлические с наклонным ножом модели Н 481 А.

Таблица 11 - Технические данные ножниц Н 481 А

Показатели	H481A
Наибольшие размеры разрезаемого листа, мм: толщина	20
ширина	3200
Мощность электродвигателя, кВт	28
Усилие прижима листа, кН	519
Размеры ножа, мм: сечение	165x45 1080
длина	
Ход подвижного ножа, мм	500
Частота хода ножа, 1/мин	30
Габаритные размеры, длина	5040
ширина	3350
высота, мм	2660
Масса, т	33,7

Резка криволинейной траектории осуществляется на специальном оборудовании PIERCERUR 2500. Внешний вид на рисунке 14, технические характеристики в таблице 12.



Рисунок 14 - Специальное оборудование PIERCERUR 2500

Эта машина годна своими качествами и конструкционными особенностями для кислородного или плазменного резания, но тоже для резания с так называемой HighDefinition плазмой. Эта машина отличается твёрдой компактной рамой, проводкой кабелей в энергетических цепях,

цифровой синхронизацией движения левой и правой стороны портала и высоким уровнем автоматизации.

Основное оснащение:

- полностью сварная машина без винтовых креплений;
- линейное ведение вдоль поперечной оси;
- цифровая синхронизация вдоль продольной оси;
- АС сервомотора (12000 мм/мин);
- CNC управляющая система BURNY 10 LCD plus с контактным экраном;
- мембранной клавиатур;
- плавающие резательные головки;
- электрическое зажигание;
- ёмкостное наблюдение высоты газовой горелки;
- автоматическая проколка материала с быстрым предварительным нагревом;
- автоматическая исходная установка высоты плазменной горелки;
- наблюдение высоты плазменной горелки через напряжение;
- парковка 1 головки вне резной площади;
- защита через конечных выключателей вдоль всех осей.
- Специальное оснащение:
  - плазменная система по выбору заказчика;
  - линейное ведение вдоль продольной оси;
  - АС сервомотора (20000 мм/мин);
  - автоматическая газовая консоль;
  - выбор головок из панели управления;
  - пневматическая противоскользящая система;
  - пневматический, плазменный или чернильный маркер;
  - парковка для 3 головок;
  - воздушное охлаждение портала;
  - отопление для зимней эксплуатации.

Таблица 12 - Технические характеристики PIERCERUR 2500

RUR	2500	3000	3500	4000
макс. число головок	4			
ширина колеи	2500 мм	3000 мм	3500 мм	4000 мм
ширина резания* - 1 головка	2200 мм	2700 мм	3200 мм	3700 мм
ширина резания* - 2 головки	2200 мм	2700 мм	3200 мм	3700 мм
ширина резания* - 3 головки	2070 мм	2570 мм	3070 мм	3570 мм
ширина резания* - 4 головки	1940 мм	2440 мм	2940 мм	3440 мм
длина резания	ограниченная длиной плазменных кабелей			
мин. параллельный разрез	90 мм			
скорость резания	0 - 12000 (20000) мм/мин			
толщина разреза (стандарт)	200 мм			
ширина машины	3340 мм	3840 мм	4340 мм	4840 мм
длина машины	1020 мм			
высота машины (включая колеи)	1700 мм			
высота резательного стола	700 мм			
плазменная система	под требование заказчика			
питательное напряжение	230В / 50Гц			

\* Эти данные действительными при использовании кислородной горелки.

Во всех случаях нормативными документами перед сваркой предусматривается тщательная очистка от грязи, ржавчины, окалины и масляных пятен свариваемых кромок и наружной поверхности сопрягаемых деталей на ширину не менее 15 мм.

Все местные уступы и неровности, имеющиеся на собираемых деталях и препятствующие их соединению в соответствии с требованиями чертежей, надлежит до сборки устранять зачисткой в виде плавных переходов с

помощью абразивного круга или напильника. Обработка кромок элементов под сварку может производиться кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой резкой с последующей механической обработкой поверхности реза с удалением слоя толщиной не менее 1,5-2 мм. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. Для обработки кромок в месте реза и зачистки поверхности перед сваркой применяется пневматическая шлиф машинка модели ИП-2203А VII.

Для гибки кожуха крышки и кармана выбираем листогибочную четырех валковую машину ИА2220А.

Техническая характеристика листогибочной четырехвалковой машины ИА2220А представлены в таблице 13

Таблица 13 - Техническая характеристика ИА2220А

Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм.	10
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм.	2000
Наименьший радиус изгиба, мм.	100
Скорость гибки, м/мин.	7,65
Диаметр верхнего валка, мм.	200
Диаметр боковых валков, мм.	205
Диаметр нижнего валка, мм.	200
Мощность электродвигателей, кВт.	19,6
Габаритные размеры, мм.	6530x5360x3670
Масса, т.	10

Для сверления отверстий в днище кармана будем использовать вертикально- сверлильный станок модели 2Н135.

Таблица 14- Технические данные вертикально-сверлильного станка 2Н135

Наибольший диаметр сверления	35
Рабочая поверхность стола	450x500x750
Вылет шпинделя	300
Ход шпинделя	250
Число скоростей	12
Частота вращения, об/мин	31-1400
Число подач шпинделя	9
Подача шпинделя, мм/об	0,1-1,6
Мощность электродвигателя, кВт	4,0
Габаритные размеры, мм	1030x825x2535

Масса, кг	1200
-----------	------

При изготовлении составных частей крышки формы УТК изделия предварительно на поверхность листового металлопроката наносят контуры деталей, центры отверстий, линии перегибов, а также знаки и надписи. Затем металл разрезают на детали гильотиной, а отверстия пробивают на прессах или сверлят на сверлильных станках. Параллельно с этим работает разметочная мастерская, в которой изготавливают шаблоны и ведут разметку металлопроката. После разделки кромок и после механической обработки металла, детали зачищаются и поступают на сборку и сварку.

Стержневая арматура, поступает в цех прутками в пакетах, кран-балкой подается на место хранения (стеллаж), со стеллажа подается на станок С-370А для резки на стержни-заготовки, затем на гибочный станок С-146Б для гибки петель. Готовые петли укладываются в контейнеры и подаются к сборочно-сварочной плите для сборки всех конструктивных элементов крышки формы.

## 9.2 Технологический процесс сборки и сварки

Технологический процесс сборки определяется наличием оборудования и способом производства. Производство крышек формы железобетонной конструкции является единичным 300 штук в год.

Конструкцию собирают в определенной последовательности, описанной в технологической карте. В этой же карте записываются и сварочные операции.

Технологический процесс предусматривает: складирование составных деталей изделия на специально отведенных для этого местах (стеллажах), вблизи места сборки; сборку ведут в соответствии с рабочим чертежом и технологической документацией; соединение отдельных деталей между собой вначале при помощи зажимных приспособлений, а затем путём сварки на прихватках. Таким образом, конструкция подготавливается к сварке.

Непосредственно перед сборкой кромки и прилегающие к ним участки на ширину не менее 50 мм при механизированной сварке должны быть тщательно зачищены от окалины, грязи, краски, масла, ржавчины, влаги, снега и льда.

Все поступающие на сборку конструкции (элементы) и детали должны иметь маркировку и сопроводительную документацию, подтверждающую их приемку отделом (службой) технического контроля. В процессе сборки должно быть исключено попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку соединений и на прилегающие поверхности. Сборка элементов (деталей) на сборочной площадке должна производиться на стеллажах или стендах с применением сборочных приспособлений, обеспечивающих требуемую точность сборки.

Форма конструкции, ее размеры и принятый тип производства диктуют следующие способы сборки под сварку:

- сборка по упорам-фиксаторам, при которой на сборочной плите в соответствии с чертежом выставляют упоры, определяющие расположение элементов конструкции. Данным способом производится сборка карманов и кожуха корпуса и обжимного ребра жесткости;

- сборка по разметке заключается в том, что отдельные элементы совмещают с предварительно произведенной разметкой, а затем закрепляют их между собой на прихватках.

Основной элемент конструкции - кожух крышки состоит из листовой стали согнутой на листа-гибочном станке по полу-цилиндрической поверхности и с вырезанными проемами под карманы. Кожух крышки устанавливается в приспособление (ФЮРА 707195. 006 СБ) и зажимается в нем зажимами. Затем в проемы устанавливаются карманы и базируются на пальцах приспособления, сборка проводится на прихватки.

Прихватки должны располагаться на равном расстоянии друг от друга в местах последующего наложения сварного шва. Длина прихваток должна быть не менее 30 мм и расстояние между ними не более 300 мм. Высота

прихватки должна составлять 0,3 - 0,5 высоты будущего шва, но не менее 3 мм.

Запрещается наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов.

Прихватки должны выполняться сварщиками, имеющими допуск на сварку подобных изделий, и по возможности теми, кто будет сваривать данное соединение, теми же сварочными материалами, которые будут применяться для сварки основных швов.

Прихватки должны быть полностью перекрыты и по возможности переварены при наложении основного шва.

Прихватки выполняются на режимах, рекомендованных для сварки таких швов. Прихватки должны быть зачищены от шлака и проконтролированы. К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к основному сварному шву. Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, следует удалять механическим способом.

После сборки прихватки зачищаются от брызг и шлаковой пленки, затем прихваченные детали привариваются.

Обжимное ребро жесткости устанавливается по разметке согласно чертежу, собирается на прихватки, зачищаются и привариваются. Все остальные элементы конструкции собираются по разметке сделанной согласно чертежу изделия, зачищаются прихватки и привариваются.

После окончания сварочных работ швы и околошовные зоны зачищаются и подвергаются 100 - процентному контролю качества, внешним осмотром исполнителем.

В более полном объеме разработка технологии сборки и сварки изделия, изложена в операционной карте в соответствии с ГОСТ 3.1407-86, в комплекте документов на технологический процесс изготовления крышки формы 2 - УТК.

### 9.3 Сварочные напряжения и деформации

При проектировании сварных конструкций необходимо считаться с возможностью появления в них остаточных напряжений и деформаций, и принимать меры для их предотвращения или ограничения в таких пределах, при которых влияние их не будет опасным.

При сварке малоуглеродистых сталей, имеющих наиболее широкое применение в металлических конструкциях, в них возникают напряжения первого рода, уравнивающиеся в макрообъемах. Неизбежными причинами сварочных деформаций являются:

- неравномерный нагрев изделия при сварке;
- тепловая усадка швов;
- структурные изменения металла шва и ЗТВ.

Сопутствующими причинами являются:

- неправильное решение конструкции сварного узла, то есть близкое расположение и частое пересечение сварных швов или неправильный выбор сварного соединения;
- применение устаревшей техники и технологии;
- низкая квалификация сварщика;
- нарушение геометрических размеров шва.

Основной мерой борьбы с деформациями является создание в зонах пластической деформации дополнительной деформации противоположного знака.

В сварном шве при остывании возникают напряжения растяжения и необходима пластическая деформация для приведения их к нулю. Этого можно достичь проковкой - металл осаживается по толщине, создавая пластические деформации удлинения в плоскости.

При сборке и сварке конструкций необходимо стремиться к такой последовательности выполнения операций, при которой моменты инерции площади поперечного сечения были бы по возможности максимальными, так как последовательное наращивание элементов дает

большее искажение результатов, чем сборка всей конструкции на прихватку и затем сварка.

Возможной мерой борьбы со сварочными деформациями может быть неравномерный нагрев или охлаждение, использование местного нагрева.

Основным нормативным документом, регламентирующим термическую обработку при производстве сварочно-монтажных работ, является ОСТ36-50-81.

Сварные швы создают усадочную силу, которая вызывает деформацию в сварных конструкциях.

Величина усадочной силы определяется по формуле:

$$P_{yc} = -\frac{17 \cdot q}{v_{св}} \quad (15)$$

где  $q$ - эффективная тепловая мощность дуги, Дж/с;

$V_c$ - скорость сварки, см/с.

Эффективная тепловая мощность дуги определяется по формуле:

$$q = \eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d \quad (16)$$

где  $\eta_u$  - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, равный 0,82 и 0,85.

Для швов катетом 5 мм усадочная сила равна:

- при механизированной сварке в углекислом газе  $\eta_u$  равный 0,82:

$$P_{yc} = -\frac{17 \cdot 0,82 \cdot 330 \cdot 27}{33} = -3,8кН$$

- при механизированной сварке в смеси газов  $\eta_u$  равный 0,85

$$P_{yc} = -\frac{17 \cdot 0,85 \cdot 330 \cdot 27}{46} = -2,8кН$$

На основании приведенных расчетов методы уменьшения сварочных деформаций и напряжений не требуется.

#### 9.4 Технический контроль качества и исправление брака

Основная цель технологического контроля заключается в обеспечении выпуска высококачественной продукции, что достигается проведением

мероприятий по предупреждению появления брака, то есть своевременное выявление дефектов и их устранение.

Дефекты в соединениях бывают двух типов: внешние и внутренние. В сварных соединениях к внешним дефектам относят наплывы, подрезы, наружные непровары и несплавления, поверхностные трещины и поры. К внутренним скрытые трещины и поры, внутренние непровары и несплавления, шлаковые включения и др. В паяных соединениях внешними дефектами являются наплывы и натеки припоя, неполное заполнение шва припоем.

Качество сварных и паяных соединений обеспечивают предварительным контролем материалов и заготовок. Текущим контролем за процессом сварки и пайки, и приемочным контролем готовых сварных или паяных соединений. В зависимости от нарушения целостности сварного соединения при контроле различают разрушающие и неразрушающие методы контроля.

При предварительном контроле основного и сварочных материалов устанавливают, удовлетворяют ли сертификатные данные в документах заводов-поставщиков требованиям, предъявляемым к материалам в соответствии с назначением и ответственностью сварных узлов и конструкций. Осматривают поверхности основного материала, сварочной проволоки и покрытий электродов в целях обнаружения внешних дефектов. Перед сборкой и сваркой заготовок, проверяется соответствует ли их форма и габаритные размеры установленным, а также контролируется качество подготовки кромок и свариваемых поверхностей. При изготовлении ответственных конструкций сваривают контрольные образцы. Из них вырезают образцы для механических испытаний. По результатам испытаний оценивают качество основного и сварочных материалов, а также квалификацию сварщиков, допущенных к сварке данных конструкций.

При текущем контроле проверяют соблюдение сварщиками установленных параметров режима сварки и исправность работы сварочного

оборудования. Осматривают сварные швы для выявления внешних дефектов и измеряют их геометрические размеры. Замеченные отклонения устраняют непосредственно в процессе изготовления конструкций.

Готовые сварные соединения в зависимости от назначения и ответственности конструкции подвергают приемочному контролю: внешнему осмотру для выявления поверхностных дефектов и обмеру сварных швов; испытаниям на плотность, магнитному контролю, просвечиванию рентгеновским и гамма-излучением, ультразвуком для выявления внутренних дефектов.

По внешнему виду сварной шов должен соответствовать следующим требованиям:

- поверхность шва должна быть гладкой или равномерно чешуйчатой;
- высота усиления шва не должна быть более 0,5 мм;
- сварной шов не должен иметь наплывов, незаваренных кратеров, несплавленных кромок, прожогов и трещин.

При этом допускаются: подрезы основного металла глубиной не более 0,4 мм, а подрезы, превышающие указание выше нормы, допускается исправлять заваркой тонким швом той же сварочной проволокой, что и основной шов. Допускаются брызги на сварном шве и околошовной зоне в труднодоступных местах.

Контроль сварных швов, недоступных для осмотра после окончательной сварки конструкций, должен производиться до установки деталей, закрывающие эти швы.

Недопустимые дефекты сварного шва должны быть удалены обработкой резанием (механические или термические способы) с последующей зачисткой поверхности до металлического блеска.

Исправление дефектов в одном и том же месте допускаются не более двух раз. При последующем обнаружении дефектов изделия должны быть заменены новыми. Недопустимы дефекты швов при приварке косынок под салазки и узлов предназначенных для транспортировки.

Контролю внешним осмотром подлежит каждый сварной шов.

Метод позволяет обнаруживать дефекты минимального выявляемого размера при осмотре и измерение сварного соединения с использованием оптических приборов с увеличением до 10 раз.

Во избежание возможного появления дефектов в сварном шве применяется предварительный контроль.

Целью предварительного контроля является проверка качества исходных материалов, подготовки заготовок, качества сборки, сварочного оборудования, приборов и квалификации сварщиков. Качество основного металла определяется на основании маркировки и сертификатов, поступивших от завода - поставщика металла

Сварочная проволока контролируется на соответствие требованиям ГОСТ 2246 - 70 путём внешнего осмотра, обмера и химического анализа. Поверхность проволоки должна быть чистой, без окалины ржавчины, грязи и масла. Каждая партия проволоки должна быть снабжена сертификатом.

Углекислый газ контролируется на соответствие требованиям ГОСТ 8050 - 85 (чистоту и влажность).

Контроль качества заготовок путём внешнего осмотра и замеров должен производиться до начала сборки.

## 10 Конструкторская часть

Для повышения точности собираемых деталей, облегчений условий труда, уменьшения трудоёмкости работ, повышения качества сварочной конструкции, сокращения длительности сборочных операций спроектированы следующие приспособления: приспособление для сборки и прихватки карманов с кожухом формы; приспособление для сборки и прихватки обжимных ребер жесткости с кожухом.

В сборочных приспособлениях решены следующие вопросы: подача элементов в приспособление и придание им проектного положения; Обеспечения удобства постановки сборочных прихваток; освобождение от закрепления и съём приспособления и собранного узла.

Приспособление для сборки и прихватки карманов и обжимных ребер жесткости с кожухом крышки представлено на чертеже ФЮРА 707195.006 СБ.

Все элементы приварены механизированной сваркой в смеси газов  $75\%CO_2+25\%O_2$  при использовании системы импульсного питания катетом пять миллиметров.

Все элементы приспособления не стандартные и выполняются в заводских мастерских.

Рациональность создания и внедрения новых способов и средств реализации технологического процесса должно устанавливаться на основе комплексного анализа путём сравнения вариантов с принятым в качестве базового. Такой комплексный анализ позволяет выбрать наиболее рациональные способы и средства внедрения новой техники. В частных случаях технические показатели позволяют непосредственно судить о сравнительной эффективности сравниваемых вариантов сварки, но сами по себе технические показатели не дают однозначного ответа на вопрос о сравнительной экономической эффективности. Сравнительный экономический анализ способов сварки сводится к определению экономического эффекта, получаемого в результате внедрения в народное хозяйство нового метода.

Частичный переход предприятия от ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку в защитных газах приведет к росту производительности и снижению себестоимости металлоконструкций.

Дуговая сварка в среде защитного газа  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  проволокой сплошного сечения является эффективным средством повышения производительности труда и качества сварочных работ. Однако сварка в углекислом газе имеет существенный недостаток - повышенное разбрызгивание металла и, связанное с ним, набрызгивание поверхностей свариваемых деталей. Для уменьшения разбрызгивания, повышения производительности и снижения расхода углекислого газа предлагается принять механизированную сварку в смеси газов ( $75\% \text{CO}_2+25\% \text{O}_2$ ) при использовании системы импульсного питания, которая обеспечивает лучшее формирование шва и приводит к мелко капельному переносу электродного металла. Довольно сложно сейчас сказать какой способ сварки выгоднее в данном случае. Чтобы выяснить это, в данном подразделе производится расчет, который точно может показать стоит ли производить замену способов сварки или нет.

## 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решениям относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: механизированная сварка в среде углекислого газа и механизированная сварка в смеси углекислого газа (75%) и кислорода (25%).

### 7.1 Техническое нормирование сварочных работ

Нормирование - это определение времени на выполнение какого-либо процесса.

Техническое нормирование является основой правильной организации труда и заработной платы. Цель технического нормирования - установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени, необходимого для выполнения заданной работы, технических норм времени или норм выработки, при этом предусматривается наиболее рациональное использование производственных возможностей и передового опыта.

Обязательное условие для установления обоснованных технических норм времени или выработки - это расчленения технологического процесса на его составляющие части: операции, переходы, комплексы приёмов, анализ продолжительности этих частей процесса в зависимости от влияющих на него факторов и проектирование наиболее экономичного состава и последовательности элементов процесса с учётом передового опыта. Поэтому технические нормы стимулируют внедрение передовой технологии, повышающие производительность труда с меньшими затратами на дорогостоящие сварочные материалы.

Продолжительность времени подготовки деталей под сварку зависит от характера и конструктивной сложности детали, её веса и размеров, а также инструмента и приспособлений.

Состав и методика определения отдельных элементов нормы времени зависит от вида операции, методов сварки, типа производства и других факторов.

В условиях единичного и мелкосерийного производства, штучно-калькуляционное время, в соответствии с методикой изложенной в [ ], определяется по формуле:

$$t_{\text{ШК}} = \left[ (t_0 + t_{\text{ВШ}}) \cdot l + t_{\text{Виз}} \right] \cdot k_{\text{об}} + \frac{t_{\text{ПЗ}}}{n}, \text{ мин/изделие}, \quad (20)$$

где  $t_{\text{ШК}}$  - норма штучно-калькуляционного времени, *мин/изделие*;

$t_0$  - основное время на сварку одного погонного метра шва, *мин/м*;

$t_{\text{ВШ}}$  - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, *мин/м*;

$l$  - протяженность сварочного шва данного типоразмера, *м* (общая длина швов составляет 16,682 м).

$t_{\text{Виз}}$  - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, *мин/изделие*;

$k_{\text{об}}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

$t_{\text{ПЗ}}$  - подготовительно-заключительное время, *мин/партия*;

$n$  - размер партии свариваемых изделий (в данном случае 300 штук).

Основное время на сварку рассчитывается в зависимости от метода сварки.

Для автоматической и полуавтоматической однопроводной сварки основное время может быть рассчитано через заданную скорость сварки

$$t_0 = \frac{60}{v_{\text{СВ}}}, \text{ мин/пог.м}, \quad (22)$$

где  $v_{\text{СВ}}$  - скорость сварки шва для данного типоразмера, *м/ч*.

Таблица 15 - Расчет расхода времени.

Виды времени	Механизованная в CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> при импульсной системе питания	Механизованная в CO <sub>2</sub>
$t_0$ - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;	$t_0 = \frac{60}{g_{CB}} = \frac{60}{46} = 1,3$ $g_{CB} = 46 \text{ м/ч}$	$t_0 = \frac{60}{g_{CB}} = \frac{60}{33} = 1,8$ $g_{CB} = 33 \text{ м/ч}$
$t_{вш}$ - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;	<p>1. Зачистка свариваемых кромок от налета ржавчины перед сваркой 0,2x8=1,6</p> <p>2. Зачистка сварного шва от окисной пленки после каждого прохода - 0</p> <p>3. Подтягивание проводов - 0,25</p> <p>4. Откусывание огарков проволоки - 0,25</p> <p>5. Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата - 0,25</p> <p>6. Осмотр, промер шва - 0,2</p> <p>7. Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла - 0,4</p>	<p>1. Зачистка свариваемых кромок от налета ржавчины перед сваркой 0,2x8=1,6</p> <p>2. Зачистка сварного шва от окисной пленки после каждого прохода - 0</p> <p>3. Подтягивание проводов - 0,25</p> <p>4. Откусывание огарков проволоки - 0,25</p> <p>5. Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата - 0,25</p> <p>6. Осмотр, промер шва - 0,2</p> <p>7. Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла - 0,4</p>

	Итого: 3,95 мин	Итого: 3,95 мин
--	-----------------	-----------------

Продолжение таблицы 15

$t_{\text{виз}}$ - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие	1. Установка, поворот и снятие изделия вручную, краном или с помощью приспособлений 3+1=4 2. Перемещение сварщика в процессе сварки швов 0,14x3= 0,42 т.к. необходимо трижды обойти конструкцию при сварке Итого: 4,42 мин	1. Установка, поворот и снятие изделия вручную, краном или с помощью приспособлений 3+1=4 2. Перемещение сварщика в процессе сварки швов 0,14x3= 0,42 т.к. необходимо трижды обойти конструкцию при сварке Итого: 4,42 мин
$t_{\text{пз}}$ - подготовительно -заключительное время, мин/партия	1. Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента 5 мин. 2. Ознакомление с работой 4 мин. 3. Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов 4 мин 4. Установка, настройка и проверка режимов сварки 3 мин 5. Подготовка рабочего места и приспособлений к работе 4 мин 6. Сдача работы 2 мин Итого: 20 минут при обоих способах	
Таким образом $t_{\text{шк}}$ мин/изделие	$t_{\text{шк}} = [(t_0 + t_{\text{виз}}) \cdot l + t_{\text{виз}}] \cdot k_{\text{об}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}$ $((1,3+3,95) \times 16,682 + 4,42) \times$	$t_{\text{шк}} = [(t_0 + t_{\text{виз}}) \cdot l + t_{\text{виз}}] \cdot k_{\text{об}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}$ $((1,8+3,95) \times 16,682 + 4,42) \times 1,12$ $+ 20/300 = 112,44$

	1,12+20/300=103,1	
--	-------------------	--

Таким образом имеем разницу во времени 9,34 минуты на изделие, где важнейшим фактором явилось основное время на сварку ( $t_0$ ).

## 11.2 Экономическая оценка сравниваемых сварочных процессов

### 11.2.1 Определение затрат на сварочные материалы

Затраты на сварочные материалы включают в себя затраты на электроды, сварочную проволоку, защитные газы, флюс.

а. затраты на электроды и электродную проволоку ( $C_{СМ}$ ):

$$C_{СМ} = g_{НМ} \cdot k_{П} \cdot Ц_{СМ}, \text{руб/изд}, \quad (23)$$

где:  $g_{НМ}$  - масса наплавленного металла, кг/изд;

$k_{П}$  - коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$Ц_{СМ}$  - цена сварочной проволоки (электродов).

В свою очередь массу наплавленного металла можно установить по формуле:

$$g_{НМ} = \frac{F \cdot l \cdot \gamma}{1000} = \frac{12,5 \cdot 16,682 \cdot 7,85}{1000} = 1,6 \text{ кг/изд}, \quad (24)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>;

$l$  - длина сварного шва, м;

$\gamma$  - плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>;

б. затраты на защитный и горючий газы

$$C_{Газ} = g_{Газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{Газ} \text{руб/изд}, \quad (25)$$

где  $g_{Газ}$  - норма расхода газа, л/мин; м<sup>3</sup>/мин;

$t_0$  - основное время на сварку (резку) мин/м;

$l$  - длина сварного шва (реза), м/издел.;

$Ц_{Газ}$  - цена за единицу газа (руб/л, руб/м<sup>3</sup>).

При питании газом от баллона цену газа можно определить по формуле:

$$\text{Ц}_{\text{Газ}_{\text{CO}_2}} = \frac{C_{\text{Зпр}}}{V_{\text{Ж}} \cdot k_{\text{перГ}}} = \frac{400}{40 \cdot 509} = 0,02 \text{ руб/л} \quad (26)$$

$$\text{Ц}_{\text{Газ}_{\text{O}_2}} = \frac{C_{\text{Зпр}}}{V_{\text{Ж}} \cdot k_{\text{перГ}}} = \frac{300}{40 \cdot 509} = 0,014 \text{ руб/л}$$

где  $C_{\text{Зпр}}$  - затраты на заправку одного баллона газом, руб/заправка;

$V_{\text{Ж}}$  - емкость баллона (литров газа в жидком состоянии);

$k_{\text{перГ}}$  - коэффициент перевода газа из жидкого в газообразное состояние;

Таблица 16- Табличные данные по дуговой сварке в защитных газах плавящимся электродом

Толщина металла (мм)	Ø св. пр-ки (мм)	Сила тока (А)	Напряжение дуги (В)	Скорость подачи пр-ки (м/ч)	Расход защитного газа (л/мин)	Вылет эл-да (мм)
1,5	0,8-1,0	95-125	19-20	150-220	6-7	6-10
1,5	1,2	130-150	20-21	150-200	6-7	10-13
2,0	1,2	130-170	21-21,5	150-250	6-7	10-13
3,0	1,2-1,4	200-300	22-25	380-490	8-11	10-13
4,0-5,0	1,2-1,6	200-300	25-30	490-680	11-16	10-20
6,0-8,0 и более	1,2-1,6	200-300	25-30	-	11-16	10-20

Таблица 17- Затраты на сварочные материалы

Наименование текущих затрат	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> )	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ) при импульсной системе питания
На электродную проволоку, электроды	$C_{\text{СМ}} = g_{\text{НМ}} \cdot k_{\text{П}} \cdot \text{Ц}_{\text{СМ}} =$ $= 12,5 \times 16,682 \times 7,85 \times 1,08 \times 46 /$ $1000 = 81,3 \text{ руб/у}$ где $k_{\text{П}} = 1,08$ $\text{Ц}_{\text{СМ}} = 46 \text{ руб/кг}$	$C_{\text{СМ}} = g_{\text{НМ}} \cdot k_{\text{П}} \cdot \text{Ц}_{\text{СМ}} =$ $= 12,5 \times 16,682 \times 7,85 \times 1,05 \times 46 /$ $1000 = 79 \text{ руб/у}$ где $k_{\text{П}} = 1,05$ $\text{Ц}_{\text{СМ}} = 46 \text{ руб/кг}$
На газ	$C_{\text{Газ}} = g_{\text{Газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot \text{Ц}_{\text{Газ}} =$ $= 15,3 \times 1,8 \times 16,682 \times 0,02 =$ $= 9,1 \text{ руб/у}$	$C_{\text{Газ}_{\text{CO}_2}} = g_{\text{Газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot \text{Ц}_{\text{Газ}} =$ $= 11,5 \times 1,3 \times 16,682 \times 0,02 =$ $= 4,9 \text{ руб/у}$

	$C_{\text{Газ}} = \frac{9,1}{1,6} = 5,6 \text{ руб/кг}$	$C_{\text{Газ}_{\text{CO}_2}} = \frac{4,9}{1,6} = 3,1 \text{ руб/кг}$ $C_{\text{Газ}_{\text{O}_2}} = g_{\text{Газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{\text{Газ}} =$ $= 3,8 \times 1,3 \times 16,682 \times 0,014 =$ $= 1,16 \text{ руб/и}$ $C_{\text{Газ}_{\text{O}_2}} = \frac{1,16}{1,6} = 0,725 \text{ руб/кг}$ $C_{\text{Газ}} = 3,1 + 0,725 = 3,8 \text{ руб / кг}$
--	---	--

### 11.3.2 Затраты на заработную плату производственных рабочих

Данные затраты устанавливаются следующим образом:

$$C_3 = \frac{C_{\text{чз}} \cdot t_{\text{шк}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{р}}}{60}, \text{руб/изд}, \quad (27)$$

где  $C_{\text{ГЗ}}$  - часовая тарифная ставка рабочих соответствующего разряда, руб/час, принимаем 75 руб/ч;

$t_{\text{шк}}$  - норма штучно – калькуляционного времени на выполнении операции, мин/изд;

$k_{\text{д}}$  - коэффициент, учитывающий премии, доплаты и дополнительную заработную плату ( $k_{\text{д}} = 1,4 - 1,6$ ), принимаем 1,5;

$k_{\text{р}}$  - коэффициент, учитывающий районный коэффициент (для Томска  $k_{\text{р}} = 1,3$ ).

Таблица 18 - Затраты на заработную плату производственных рабочих

Формула	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ) при импульсной системе питания	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> )
$C_3 = \frac{C_{\text{чз}} \cdot t_{\text{шк}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{р}}}{60}$	$C_3 = \frac{75 \cdot 103,1 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{60} =$ $= 250 \text{ руб/изд}$ <p>где, <math>t_{\text{шк}} = 103,1 \text{ м/изд}</math></p> $C_3 = 250 / 1,6 = 156 \text{ руб / кг}$	$C_3 = \frac{75 \cdot 112,44 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{60} =$ $= 272 \text{ руб/изд}$ <p>где, <math>t_{\text{шк}} = 112,4 \text{ м/изд}</math></p> $C_3 = 272 / 1,6 = 170 \text{ руб / кг}$

#### 11.4 Отчисления на социальные цели (социальный налог)

$$C_{\text{отч}} = \frac{k_{\text{отч}} \cdot C_3}{100}, \text{руб/изд}, \quad (28)$$

где  $k_{\text{отч}}$  - процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы ( $k_{\text{отч}} = 30\%$ ).

Таблица 19 - Отчисления на социальные цели (социальный налог)

Формула	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ) при импульсной системе питания	Сварка механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> )
$C_{\text{отч}} = \frac{k_{\text{отч}} \cdot C_3}{100}$	$C_{\text{отч}} = \frac{26 \cdot 156}{100} = 40,5 \text{ руб/кг}$	$C_{\text{отч}} = \frac{26 \cdot 170}{100} = 44 \text{ руб/кг}$

#### 11.5 Затраты на электроэнергию

Для электродуговых методов сварки затраты технологической электроэнергии могут быть рассчитаны по формуле:

$$C_{\text{эТ}} = \frac{U \cdot I \cdot t_0 \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \text{Ц}_{\text{эл}}, \text{руб/изд} \quad (29)$$

где  $U$  - напряжение, В;

$I$  - сила тока, А;

$t_0$  - основное время сварки, мин/м;

$l$  - длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  - коэффициент полезного действия источника питания (берется по паспорту);

$\text{Ц}_{\text{эл}}$  - стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб., принимаем значение 3,5 р/квт-ч.

Таблица 20- Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Исходные данные и расчетная	Сравниваемые процессы		Изменение
	Сварка	Сварка	

формула	механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ) при импульсной системе питания	механизированная в среде защитных газов (CO <sub>2</sub> )	затрат
Напряжение, в, U	27	27	
Сила тока, А, I	330	330	

Продолжение таблицы 20

Основное время на сварку, мин/м, $t_0$	1,3	1,8	
Длина сварного шва, м, l	16,682	16,682	
КПД источника питания, $\eta$ , %	0,85	0,82	
Тариф на электроэнергию, руб/кВт-ч	3,5	3,5	
Расчетная формула $C_{ЭТ} = \frac{U \cdot I \cdot t_0 \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot Ц_{Эл}$	$C_{ЭТ} = \frac{27 \cdot 330 \cdot 1,3 \cdot 16,682}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 3,5 = 13,25 \text{ руб/изд}$ $C_{ЭТ} = 13,25 / 1,6 = 8,3 \text{ руб / кг}$	$C_{ЭТ} = \frac{27 \cdot 330 \cdot 1,8 \cdot 16,682}{60 \cdot 0,82 \cdot 1000} \cdot 3,5 = 19 \text{ руб/изд}$ $C_{ЭТ} = 19 / 1,6 = 11,9 \text{ руб / кг}$	3,6

### 11.6 Затраты на ремонт оборудования

Приближенно:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n Ц_j \cdot k_{рем0} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}, \text{руб/изд}, \quad (30)$$

где  $k_{рем}$  - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт ( $k_{рем} \approx 0,20 - 0,30$ );

$n$  - количество видов ремонтов, выполняемых за ремонтный цикл (два вида ремонта: текущий и капитальный);

$C_j$  - стоимость оборудования;

$F_{ГО}$  - годовой фонд времени работы оборудования, часы ( $F_{ГО} \approx 1794$  часов/год);

$k_3$  - коэффициент учитывающий загрузку оборудования, принимаем -1.

Оборудование	Стоимость в рублях
ВДУ-506	6700
ПДГО-510-5	20000
Дополнительное (М-1200; УКП-1-71)	40000

Таблица 21 - Затраты на ремонт оборудования

Формула	Сварка механизированная в среде защитных газов ( $CO_2+O_2$ ) при импульсной системе питания	Сварка механизированная в среде защитных газов ( $CO_2$ )
$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{ремО} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{127000 \cdot 0,25 \cdot 103,1}{2000 \cdot 1 \cdot 60}$ $= 27 \text{руб/изд}$ <p>,где <math>t_{шк} = 103,1</math> мин/изд</p> $C_p = 27/1,6 = 16,8 \text{руб/кг}$	$C_p = \frac{87000 \cdot 0,25 \cdot 112,44}{2000 \cdot 1 \cdot 60}$ $= 20 \text{руб/изд}$ <p>,где <math>t_{шк} = 112,44</math> мин/изд</p> $C_p = 20/1,6 = 12,7 \text{руб/кг}$

Таблица 22- Итоговые текущие затраты по сравниваемым вариантам сварки

№	Наименование текущих затрат	Сравниваемые процессы		Изменение затрат
		Сварка механизированная в среде защитных газов ( $CO_2+O_2$ ) при импульсной системе питания	Механизированная в $CO_2$	
1	Электродная проволока	49,3	50,8	1,5
2	Газ	3,8	5,6	1,8
3	Оплата труда рабочих	156	170	14
4	Отчисления на социальные цели	40,5	44	3,5
5	Ремонт оборудования	16,8	12,7	-4,1

6	Затраты на электроэнергию	8,3	11,9	3,6
7	Брак	-	-	
8	Прочие	-	-	
	Итого затрат	$C^{ИМП} = 274,7$ руб	$C^{CO_2} = 295$ руб	20,3 руб

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта, которым является механизированная сварка в среде защитных газов ( $CO_2+O_2$ ) при импульсном источнике питания, эффект определяется по формуле:

$$\Delta_{\Gamma} = (C^P - C^{CO_2}) \cdot Q_{\Gamma} = 20,3 \cdot 480 = 9744, \text{руб/год} \quad (31)$$

где  $C^P$  и  $C^{CO_2}$  - суммарные текущие затраты по сравниваемым вариантам, руб/изд (из таблицы 22);

$Q_{\Gamma}$  - годовой объем производимой продукции, кг/год,

$\Delta c = (C^P - C^{CO_2})$  - удельная экономия на текущих затратах, руб/изд.

Годовой объем производимой продукции в ВКР принимаем равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{шкпр}} = \frac{2000 \cdot 1 \cdot 60}{103,1} = 1163,91, \text{кг/руб}, \quad (32)$$

где  $t_{шкпр}$  - норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд, которая является – 103,1 мин/изд

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу сварных конструкций или массу наплавленного металла. Приняв в качестве условного изделия сварную конструкцию, рассматриваемую в дипломной работе, можно получить годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла:

$$M_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot \frac{F \cdot l \cdot \gamma}{1000} = 1163,91 \cdot \frac{12,5 \cdot 16,682 \cdot 7,85}{1000} = 1905, \text{кг/год} \quad (33)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения сварного шва, мм<sup>2</sup>;

$l$  - длина сварного соединения, м;

$\gamma$  - плотность металла, г/см<sup>3</sup>.

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = M_Г \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma} = 1905 \cdot \frac{60,5 \cdot 1000}{12,5 \cdot 16,682 \cdot 7,85} = 24169,68 \text{ руб/год} \quad (34)$$

где выражение  $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$  представляет собой удельную экономию на 1 кг наплавленного металла ( $\overline{\Delta C}_{кг}$ ).

### 11.7 Экономическое обоснование замены существующего процесса сварки на новый (предлагаемый)

В дипломной работе в качестве существующего процесса следует принять худший вариант по результатам экономического анализа в первой ситуации, а в качестве нового – лучший вариант. При этом предполагается, что новый вариант потребует определенных инвестиций в оборудование и приспособления.

Экономическая целесообразность предлагаемого процесса устанавливается на основе оценки инвестиций. Такая оценка осуществляется по экономическим критериям, принятым в международной практике.

К их числу относятся:

- чистая текущая стоимость ( $NPV$ );
- дисконтированный срок окупаемости ( $PP$ );
- индекс доходности ( $PI$ );
- внутренняя норма доходности ( $IRR$ ).

Определение чистой текущей стоимости:

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый. Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если  $NPV > 0$

Исходные данные:

- расчетный период	$n = 5$ лет
- годовой фонд времени работы оборудования, час/год	$F_{ГО} = 1794$ час
- норма времени, мин/изд.	$t_{ШК} = 103,1$ мин
- удельная экономия на текущих расходах в $t$ – м году, руб/изд	$\overline{\Delta C}_t = 20,3$ руб/кг
- инвестиции, руб.	$I_0 = 40000$ руб
- период полезного использования, годы	$T_{ПИ} = 5$ лет
- ставка налога на прибыль, %	$H_{Пр} = 30\%$
- ставка дисконтирования, %	$i = 10\%$

Таблица 23- Расчет чистой текущей стоимости

№ п/п	Наименование показателей	Расчетный период, годы					
		0	1	2	3	4	5
1	Коэффициент загрузки, $k_3$	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	Годовой объем производства, кг/год $Q_T = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{ШК}}$	0	1163,9	1163,9	1163,9	1163,9	1163,9
3	Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C}_t$ , руб/ед	0	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3
4	Годовая экономия на текущих издержках, руб/год ( $C_2 \cdot C_3$ )	0	23627	23627	23627	23627	23627
5	Амортизационные отчисления по новому (предлагаемому) процессу $C(АГ) = \frac{I_0}{T_{ПИ}} = \frac{40000}{5} = 8000$ руб/год	0	8000	8000	8000	8000	8000
6	Изменение годовой прибыли ( $C_4 - C_5$ ), руб/год	0	15627	15627	15627	15627	15627
7	Налог на прибыль, руб/год (30% от $C_6$ )	0	3750	3750	3750	3750	3750
8	Изменение чистой прибыли, руб/год ( $C_6 - C_7$ )	0	11877	11877	11877	11877	11877
9	Чистый денежный поток от операционной деятельности руб/год ( $C_5 + C_8$ ) ( $\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t}$ )	0	18877	18877	18877	18877	18877

10	Инвестиции, руб.	40000					
11	Коэффициент дисконтирования, $\alpha_t = \frac{1}{(1+0,1)^t}$ , при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12	Дисконтированный денежный поток ( $C_9$ и $C_{10}$ ) · $C_{11}$	-40000	17159	15592	14176	12893	11722
13	Накопленный дисконтированный денежный поток	-40000	-22841	-7249	6927	19820	31542

По показателю  $NPV$  трудно сделать вывод об эффективности предлагаемого процесса, поскольку он является абсолютным показателем. Для окончательного заключения об эффективности процесса необходимо рассчитать относительные показатели, каковыми являются срок окупаемости, индекс доходности и внутренняя ставка доходности.

#### 1. Расчет срока окупаемости.

Данный показатель характеризует период времени, по истечении которого первоначальные инвестиции возмещаются дисконтированными денежными поступлениями от операционной деятельности. Этот показатель может быть установлен по данным, приведенным в таблице 23 по следующей формуле:

$$n_{\text{ОК}} = n + \frac{D_n}{D_{n+1}}, \text{годы} \quad (35)$$

где  $n_{\text{ОК}}$  – расчетное значение срока окупаемости.

$n$  – год расчетного периода, в котором накопленный дисконтированный поток последний раз принимает отрицательное значение.

$D_n$  – непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года  $n$  (на период второго года эта величина составляет –7249 руб.);

$D_{n+1}$  – денежный поток в году  $n+1$ , направленный на возмещение непокрытой части данного потока (эта величина равна 6927).

Тогда рассчитанный срок окупаемости, определяемый, по формуле составляет:

$$n_{\text{OK}} = 2 + \frac{6927}{7249} = 2,9 \text{ года}$$

Рассчитанный срок окупаемости сравнивается с его допустимым значением. Во-первых, он не может быть больше расчетного периода, принятого в нашем примере 5 лет; во-вторых, он должен укладываться в срок возврата средств, который устраивает инвестора. Этот срок зависит от характера проекта, в который вкладываются инвестиционные средства и доходности альтернативных направления использования инвестиций. Для инвестиций, направляемых на снижение себестоимости продукции допустимый срок окупаемости в машиностроении не должен превышать двух-трех лет.

Оценивая с этих позиций рассматриваемый инвестиционный проект, следует признать его привлекательность т.к. он окупается в течении 3 лет.

## 2. Расчет индекса доходности ( $PI$ ).

Данный показатель характеризует устойчивость проекта совершенствования технологического процесса сварки к изменению текущих и инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, загрузки оборудования и др. Определяется данный показатель:

$$PI = 1 + \frac{NPV}{I_0} \quad (36)$$

$$PI = 1 + \frac{6927}{200000} = 1,17$$

Формально проект признается эффективным если  $PI > 1,0$ . По тому насколько  $PI$  превышает единицу, судят о запасе финансовой устойчивости проекта и его риске. Величина  $PI$  равная 1,17 свидетельствует об устойчивости проекта к изменению ранее названных факторах и о не высокой степени риска.

## 12 Социальная ответственность

### 12.1 Производственная безопасность

На участке производится сборка и сварка секции крышки формы УТК 1220-2. При изготовлении секции крышки осуществляются следующие операции: сборка, сварка механизированная в смеси газа Ar + CO<sub>2</sub>, слесарные операции.

При изготовлении секции крышки на участке используется следующее оборудование:

- полуавтомат ПДГО-510 «СЭЛМА» 3 шт.
- приспособление сборочно-сварочное ФЮРА.000001.068.00.000 СБ 1 шт.
- кантователь 359-981 2 шт

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 20 т.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется шестью окнами, а также светильниками расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона. Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери. На случай пожара цех оснащен запасным выходом. Все работы производятся на участке с площадью  $S=148,17 \text{ м}^2$ .

На данном участке сборки и сварки секции крышки выявлены следующие вредные и опасные производственные факторы:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- производственный шум;
- статическая нагрузка на руку;
- электрический ток;
- движущиеся механизмы.

### 12.1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток; грузоподъемные механизмы.

Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Поступление в воздух рабочей зоны вредных веществ зависит от технологического процесса, используемого сырья, а также от промежуточных и конечных продуктов.

При сварке в зону дыхания работающих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твёрдой фазы окислы различных металлов (марганца, хрома, никеля, меди, алюминия, железа и др.), их оксиды и другие соединения, а также токсичные газы (окись углерода, озон, фтористый водород, окислы азота и т.д.).

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до СО до 160 мг/м<sup>3</sup>; окислов азота до 8,0 мг/м<sup>3</sup>; озона до 0,36 мг/м<sup>3</sup>; оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02 г/кг расходуемого материала.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм от места сварки. Автотранспорт, который используется для перевозки изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, летучие углеводороды.

В результате воздействия вредных веществ могут возникать профессиональные заболевания, так, при длительном вдыхании пыли – пневмокониозы.

Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- полуавтоматы ПДГО-510»;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ( $m = 2$  кг) ГОСТ 2310 - 77,

пневматическая шлифмашинка, шабер, стальная щетка.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

На данном участке используем виброизолирующие основания для защиты от шума вентиляционного оборудования, вентиляторы установлены в отдельные звукоизолирующие помещения.

Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энерготратами  $172 \div 293$  Дж/с ( $150 \div 250$  ккал/ч) [26].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п.

Меры по борьбе со статической нагрузкой на руку.

При длительных работах показаны режимы труда и отдыха, включающие обеденный перерыв не менее 40 мин и перерывы по 5-10 мин через каждый час работы. В перерывах в первую половину смены рекомендуется проводить физические упражнения для смены статической нагрузки динамической, а во вторую половину смены - дополнительно самомассаж спины, рук и ног для снятия статического напряжения и нормализации кровообращения.

#### 12.1.2 Обеспечение требуемого освещения на участке

Нормальные условия работы в производственных помещениях могут быть обеспечены лишь при достаточном освещении рабочих зон, проходов и проездов. От освещения зависят производительность труда и качество выпускаемой продукции. Освещение не должно давать резких теней и бликов, оказывающих ослепляющее действие. Требуемый уровень освещения определяется степенью зрительных работ[26].

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения её от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жёсткой.

#### 12.1.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток

теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

#### Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока[26].

Маска из фибра защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключая попадание искр и капель расплавленного металла. Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91

Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
-----------------	---------------

Продолжение таблицы 24

Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика типа НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навывпуск.

Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003 – 81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

Электробезопасность.

Электрические установки представляют большую потенциальную опасность для человека, так как в процессе эксплуатации не исключены случаи прикосновения к частям находящимся под напряжением.

Безопасность работы с электрооборудованием достигается при следующих условиях:

1. Исправное состояние всех электрических блокировок;
2. Надежное защитное заземление корпусов всех блоков аппаратуры;
3. Исправное состояние электронной пушки и сварочной камеры.

К эксплуатации и технического обслуживания оборудования допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку, знающие правила техники безопасности при работе с оборудованием.

Опасным для жизни лиц, эксплуатирующих и обслуживающих аппаратуру, является сетевая трехфазное напряжение 380 В, ускоряющее напряжение 60 кВ.

Меры безопасности при работе и обслуживании аппаратуры согласно ПУЭ - 84:

- Обязательное заземление всех блоков аппаратуры с помощью кабелей заземления, которыми комплектуется аппаратура;
- Места подключения заземления должны быть обозначены знаками;
- Величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом;
- Пересечение контура заземления должно быть не менее 80 мм<sup>2</sup>.

При сварке используется полуавтомат сварочный ПДГО-510-5 с ВДУ-511.

На участке сборки и сварки применяется защитное заземление для оборудования, которое работает под напряжением 380 В. Для заземления используем трубы диаметром  $d_3 = 15$  см; длиной  $l_3 = 160$  см, заложенные вертикально в чернозем на глубине  $h_3 = 200$  см и соединенные металлической полоской шириной  $b = 5$  см. Климатическая зона I. Защитное заземление рассчитываем по методике изложенной в [19].

Для установок с напряжением до 1000В с изолированной нейтралью при мощности менее 100 кВА сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом, а в противном случае - не более 4 Ом.

Сопротивление одного электрода:

$$r_3 = \frac{0,366 \rho K_B}{l_3} \left( \lg \frac{2l_3}{0,95d_3} + 0.5 \lg \frac{4h_3 + l_3}{4h_3 - l_3} \right), \text{ Ом} \quad (34)$$

где  $\rho_3$  - удельное сопротивление грунта;  $K_B$  - коэффициент, учитывающий сезонные изменения  $\rho_3$  для вертикально помещенных в грунт проводников.

$$\rho_3 = 25 \cdot 10^4 \text{ Ом} \quad K_B = 1,8$$

$$r_3 = \frac{0,366 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 1,8}{160} \left( \lg \frac{2 \cdot 160}{0,95 \cdot 15} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 200 + 160}{4 \cdot 200 - 160} \right) = 1467,78 \text{ Ом.} \quad (35)$$

Предварительно требуемое количество электродов определяется:

$$n^* = \frac{r_3}{R_3}, \quad (36)$$

где  $R_3$  - требуемая величина заземляющего устройства.

$$n^* = \frac{1467,78}{4} = 366,945.$$

Принимаем  $n^* = 400$

Далее определяется окончательное число электродов :

$$n = \frac{r_3}{R_3 \cdot \eta_3} \quad (37)$$

где  $\eta_3$  коэффициент использования электрода,

$\eta_3$  принимаем исходя из того что отношение  $\alpha : l = 1$  и электроды расположены по контуру:  $\eta_3 = 0,5$ .

$$n = \frac{1467,78}{4 \cdot 0,5} = 733,89.$$

Принимаем количество электродов  $n = 740$  штук.

Сопротивление полосы, соединяющей электроды, определяется как:

$$r_{II} = \frac{0,366 \rho_3 K_B \lg \frac{2l_{II}^2}{h_{II} b}}{l_{II}} \quad (38)$$

где  $l_{II}$  - длина полосы для соединения в ряд:  $l_{II} = \alpha \cdot (n - 1)$ , а для соединения по контуру -  $l_{II} = \alpha \cdot n$ ;  $h_{II}$  - глубина залегания полосы,  $h_{II} = h_3 - l_3 / 2$ .

Находим  $l_{II}$  для соединения по контуру:  $l_{II} = \lg 740 = 740$

$$h_{\Pi} = 200 - 160 / 2 = 120 \text{ см}; K_{\Gamma} = 4,5.$$

$$r_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 4,5}{740} \lg \frac{2 \cdot 740^2}{120 \cdot 5} = 1814,67 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление контура защитного заземления определяется как:

$$R_{\Sigma} = \frac{r_{\text{э}} r_{\Pi}}{r_{\text{э}}^3_{\Pi} + r_{\Pi}^3_{\text{э}} n}, \text{ Ом} \quad (39)$$

$\eta_{\Pi}$  принимаем исходя из того что отношение  $\alpha : l = 1$  и электроды расположены по контуру:  $\eta_{\Pi} = 0,12$ .

$$R_{\Sigma} = \frac{1467,78 \cdot 1814,67}{1467,78 \cdot 0,12 + 1814,67 \cdot 0,5 \cdot 740} = 3,965 \text{ Ом.}$$

При правильно рассчитанном устройстве заземления должно выполняться условие:  $R_{\Sigma} \leq R_{\text{э}}$ . Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого. Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам.

Защитное отключение сети время не более 0,2 с при возникновении опасности поражения током. Устройство защитного отключения (УЗО) состоит из чувствительного элемента, реагирующего на изменение контролируемой величины, и исполнительного органа, отключающего соответствующий участок сети.

Автоматическое отключение питания (зануление) необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Движущиеся механизмы.

На проектируемом участке сборки и сварки секции крышки находится кран мостовой, грузоподъемностью 20 т. Опасность представляет процесс кантовки основания. Во время кантовки необходимо, чтобы никто

посторонний не находился в кабине.

Завозка в цех заготовок в цех производится автотранспортом, в связи с этим следует проявлять осторожность и не приближаться к движущейся машине.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;

свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.;

при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов.

#### 12.1.4 Расчет вентиляции

На участке сборки и сварки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха [26].

На участке сборки и сварки изготовления ограждения применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию и местную вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть 0,2÷0,5 метров в секунду.

Определим необходимый объём воздуха  $L$ , удаляемый от местных отсосов по формуле [25]:

$$L=3600 \cdot F \cdot V, \quad (5.1)$$

где  $F$  – суммарная площадь рабочих проёмов и неплотностей,  $m^2$ ;

$V$  – скорость всасывания воздуха на рабочем участке,  $m/c$ ;  $V = 0,5 m/c$ .;

$$L = 3600 \cdot 0,36 \cdot 0,5 = 648 m^3/c.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов

составляет  $L = 648 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный FUK – 2700 SP с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

### 12.2 Экологическая безопасность

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ[25].

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого используют масляные фильтры. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. Эффективность фильтров данного типа составляет  $95 \div 98$  процентов.

Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества. Через неплотности в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит истечение находящихся под давлением газов.

На проектируемом участке сборки и сварки секции крышки предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается.[26]

### 12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для нашего помещения установлена категория пожарной опасности Б (взрывопожароопасная).

Разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания)[25].

#### 12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и подзаконные акты, принятые представительными органами Российской Федерации (указы президента, постановления правительства РФ и входящих в неё государственных образований), местными органами власти и специально уполномоченными на то органами:

- Министерство природных ресурсов РФ;
- Государственный комитет РФ по охране окружающей среды;
- Министерство труда и социального развития РФ;
- Министерство здравоохранения РФ;
- Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, и их территориальные органы. [54]

В основе нормативно - правовых актов в области безопасности жизнедеятельности лежат: Конституция РФ, Трудовой кодекс РФ, Кодекс "Об административных правонарушениях", Гражданский кодекс РФ, Федеральный закон "Об основах охраны труд в РФ", Основы законодательства об охране здоровья граждан, Закон РФ "О санитарно - эпидемиологическом благополучия населения".

Правовую основу охраны окружающей среды и обеспечения

необходимых условий жизнедеятельности составляют: Закон РСФСР "Об охране окружающей природной среды", Водный кодекс РФ, Земельный кодекс РСФСР, законы РФ "О недрах", "Об экологической экспертизе", "Об охране атмосферного воздуха".[54]

В зависимости от области распространения всю документацию делят на:

- Межотраслевую
- Отраслевую
- Локальную (документацию предприятий)

Межотраслевые документы разрабатывают соответствующие организации и утверждает Министерство труда и социального развития РФ или Госстандарт России, а отраслевые - министерства, ведомства, органы Госнадзора России. Локальные документы по охране труда - инструкции, стандарты, разрабатывает и утверждает администрация предприятий совместно с профкомом.

Стандарты предприятия могут быть разработаны на систему управления охраной труда, на контроль охраны труда, на расследование травм и профзаболеваний, на проведение работ по нарядам - допускам и т.д.

Инструкции по охране труда могут быть разработаны как на отдельные виды работ, так и для работающих отдельных видов профессий. Они разрабатываются на основе типовых инструкций (межотраслевых, отраслевых), требований безопасности, изложенных в эксплуатационных и ремонтной документации, с учетом условий производства.

Инструкции для работающих разрабатывает руководитель работ, согласует ее с профкомом и утверждает ее у руководителя предприятия. [54]

## Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана новая технология изготовления крышки формы УТК-1220-2, с применением механизированной дуговой сварки в смеси углекислого газа и кислорода. Данный вид сварки оказался предпочтительнее, по сравнению с механизированной сваркой в углекислом газе, т.к. имеет по отношению к ней ряд преимуществ.

Механизированная сварка в смеси газов позволила сократить время на изготовления одного изделия, за счет высокой производительности.

В работе над конструкцией был подобран источник питания и оборудование, сварочные материалы, выбран необходимый материал конструкции, определена его свариваемость.

Разработано новое приспособление для сборки крышки, это позволило сократить время на ее изготовление (сборку).

Экономически доказано преимущество механизированной сварки в смеси, перед сваркой в углекислом газе.

Из выше сказанного можно сделать вывод, переход со сварки в углекислом газе на сварку в смеси, применение нового приспособления и оборудования позволили получить положительные результаты, которые в дальнейшем могут применяться на предприятии ООО ЗКПД ТДСК гор. Томска.

## Список использованных источников

1. Балашов, В.М. Введение в специальность «Технология машиностроения» [Текст]: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков, А.Г. Схиртладзе. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2007. 120 с. ;
2. Д.Л. Глизманенко, Сварка и резка металлов 1975г;
3. Банов М.Д., Сварка и резка металлов 2007г;
4. Общемашиностроительные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов. М: Экономика, 1989г;
5. Потапьевский А.Г Сварка в защитных газах плавящимся электродом;
6. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. М., «Машиностроение», 1973г;
7. Петров Г.Л. Сварочные материалы. «Машиностроение» 1972.;
8. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением, под ред. Б.Е. Патона. М., «Машиностроение», 1974г.
9. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов. Изд. 4-е. – М.: Машиностроение, 1973. 408 с.
10. Малышев Б.Д. Сварка и резка в промышленном строительстве, т.2. М.: Стройиздат, 1989. 400 с.
11. Э.Л. Макаров. Сварка и свариваемые материалы. М.: Металлургия, 1991. – 527с.
12. И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984.- 215с.
13. Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
14. Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
15. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А. Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.

16. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
17. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.
18. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
19. Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика - М.: Машиностроение, 1982. 256 с.
20. Под редакцией Г. Д. Никифорова. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 1978. 327с.
21. Трущенко Е.А. Сварочные материалы. Учебное пособие. Томск, 2007. 129с.
22. ГОСТ 15150-69 Климатические исполнения
23. СНиП II-A.9-71 Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А. Глава 9. Искусственное освещение. Нормы проектирования"(утв. Госстроем СССР 29.06.1971)
24. СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. Дата актуализации: 01.11.2014
25. ГОСТ 12.1.003-83\* Шум. Общие требования безопасности
26. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
27. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
- 28.ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
29. ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования

30. Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.
31. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
32. Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.
33. Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.
34. Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
35. Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов, В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
36. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962.
37. Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.
38. Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.