

Введение

В производстве сварка нашла широкое применение, так как резко сокращается расход металла, сроки выполнения работ и трудоёмкость производственных процессов. Достигнутые успехи в области автоматизации и механизации сварочных процессов позволяет уменьшить затраты на единицу продукции, сократить длительность производственного цикла, улучшить качество изделия.

Сварка в настоящее время является одним из ведущих процессов обработки металлов. Существует множество различных видов сварки: ручная дуговая сварка; сварка в инертных активных газах; сварка под флюсом; электрошлаковая сварка; сварка давлением и т.д.

Распространена механизированная сварка в CO_2 , так как она имеет простой и эффективный технологический процесс, отличающийся гибкостью и универсальностью. Она имеет высокие технико-экономические показатели. Основными достоинствами сварки в защитных газах являются следующие:

- хорошая защита сварки от воздействия кислорода и азота воздуха;
- высокие механические свойства сварного шва;
- высокая производительность процесса сварки.
- отсутствие необходимости применения флюсов и последующей очистки шва от шлака;
- возможность наблюдения за процессом формирования шва;
- малая зона термического влияния;
- возможность полной механизации и автоматизации процесса сварки.

В данной работе производится проектирование оснастки и участка сборки - сварки консоли крепи механизированной. В результате проведения данной работы следует получить производство с большой степенью

механизации и автоматизации, повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшение условий труда.

Перед сварочным производством ставятся задачи, направленные на повышение эффективности производства. Это, прежде всего переход к применению высокоэффективных машин, оборудования и технологических процессов, обеспечивающих высокую механизацию и автоматизацию производства. В современных условиях сварочного производства первостепенное значение имеет повышение производительности труда и снижение себестоимости изделия, что обеспечивает лучшее использование рабочей силы и повышение конкурентоспособности изделия.

2 Объект и методы исследования

2.1 Формулировка проектной задачи

Целью работы является сопоставление достигнутого выпускниками уровня гуманитарной, социально-экономической, естественнонаучной, общепрофессиональной и специальной подготовки с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования по профилю «Оборудование и технология сварочного производства».

В ходе выполнения работы необходимо разработать специализированный участок сборки и сварки консоли крепи механизированной, произвести выбор наиболее эффективного метода сварки и сварочных материалов, расчёт режимов сварки и выбор необходимого сварочного оборудования. Также необходимо произвести техническое нормирование операций, определение потребного состава всех необходимых элементов производства, расчёт и конструирование приспособления, планировку участка сборки и сварки консоли.

Кроме того, разрабатываются эргономическая и экономическая части, которые вместе с технологической частью должны обеспечивать возможность создания наиболее современного и передового по техническому уровню и высокоэффективного сборочно-сварочного участка по выпуску продукции.

2.2 Теоретический анализ

В результате теоретического анализа существующего технологического процесса сборки и сварки консоли были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается произвести следующие изменения в технологическом процессе:

-сократить время производственного цикла за счет применения универсального сварочного стола ССД-05-03;

-произвести рациональный выбор оборудования, что позволит получить достаточно высокий экономический результат за счет более эффективного использования возможностей выбранного оборудования.

В результате внедрения в технологический процесс вышеуказанных изменений значительно улучшаются технические и экономические показатели, снижается себестоимость изделия, что в свою очередь приведет к увеличению конкурентоспособности изделия на рынке производства, сбыта и потребления, а, следовательно, к рентабельности производства данного изделия.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Инженерный расчёт

3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – консоль. Материал деталей стали 14ХГ2САФД, 10ХСНД. Выбор этих сталей обусловлен необходимостью очень высокой надежности и прочности. Химический состав и механические свойства этих сталей приведены в таблицах 3.1 - 3.3.

Таблица 3.1 - Химический состав стали 10ХСНД [4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,8- 1,1	0,5- 0,8	0,5- 0,8	до 0,04	до 0,035	0,6- 0,9	до 0,008	0,4- 0,6	до 0,08

Таблица 3.2 - Химический состав стали 14ХГ2САФД [4]

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	V	Al	Cu
0,18	0,7	1,8	0,04	0,02	0,01-0,02	0,8	0,35	0,04- 0,08	0,01- 0,05	0,1- 0,4

Таблица 3.3- Механические свойства сталей [4]

Марка	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
10ХСНД	540	400	19
Сталь 14ХГ2САФД	550÷590	390÷430	20

Способ сварки при разработке технологии следует выбирать таким способом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным

исходными данными. Если возможно использовать несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической оценки (минимальные затраты или максимальная производительность при требуемом качестве) [4].

Для стали 10ХСНД рекомендуются следующие способы сварки: ручная дуговая, сварка под флюсом, плавящимся электродом в защитном газе, электрошлаковая. Для стали 14ХГ2САФД механизированная и автоматическая сварка плавящимся электродом в защитном газе; автоматическая дуговая сварка под флюсом; электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами [1].

В данном случае применяется сварка плавящимся электродом в смеси газа $Ar+CO_2$ (смесь аргона с двуокисью углерода в соотношении 80 процентов аргона и 20 процентов двуокиси углерода) по ТУ 2114-004-00204760-99, так как существует ряд преимуществ этих способов:

- 1) возможность вести механизированную сварку, а т. к. в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше 1,5 м, то возможность использования автоматической сварки очень важна;
- 2) высокая производительность;
- 3) высокие механические свойства сварных соединений;
- 4) меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- 5) значительное уменьшение сварочных брызг и сокращение затрат на зачистку изделия;
- 6) меньшая себестоимость сварочных работ.

При сварке в смеси газов электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Выбираем проволоку Св-08Г2С- по ГОСТ 2246-70.

Проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках. Химический состав и механические свойства металла шва приведены в таблице 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4-Химический состав проволоки в % Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [3].

Марка проволоки	Химический состав							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Al	S	P
							не более	
Св-08Г2С	0,05÷0,11	1,8÷2,1	0,7÷0,95	≤0,2	≤0,25	≤0,05	≤0,025	≤0,03

Таблица 3.5- Механические свойства металла шва [3].

Марка проволоки	σ_B , МПа	δ , %	КСУ ₄₀ МДж/м ²	
			20 ⁰ С	0 ⁰ С
Св-08Г2С	510	24	120	60

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны используется смесь CO₂ и Ar.

Двуокись углерода – бесцветный, неядовитый газ, тяжелее воздуха. Он хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие этого поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода.

В промышленности двуокись углерода получают в специальных установках, путём извлечения её из дымовых газов, образующихся при сжигании топлива.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Состав CO₂ , в % [2].

Содержание	Сорт		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
CO ₂ (не менее)	99,8	99,5	98,8
CO (не более)	0	0	0,05
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20°С (не более), г/см ³ .	0,178	0,515	Не проверяют

В качестве инертного газа выбираем аргон по ГОСТ 10157 – 79. Состав приведён в таблице 3.7 [3].

Таблица 3.7 - Состав Ar, в %

Содержание	Сорт	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не менее	0,0007	0,002
Объемная доля азота, %, не менее	0,005	0,01
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20°С (не более), г/см ³ .	0,07	0,01
Объемная доля суммы углесодержащих соединений в пересчете на CO ₂ , %, не менее	0,0005	0,001

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из

физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в около шовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [5].

Тепловое воздействие на металл в около шовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъёмное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объём сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне

термического влияния;

- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;

- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;

- оценка структуры и механических свойств около шовной зоны;

- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;

- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы; вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, - это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [6] :

$$C_{\text{экв}} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/10) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14), \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах. Если углеродный эквивалент $C_{\text{экв}}$ больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости около шовной зоны против образования около шовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 10ХСНД

$$C_{\text{экв}} = 0,12 + (0,8/6) + (1,1/24) + (0,8/10) + (0,9/5) = 0,56 \%$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 14ХГ2САФД:

$$C_{\text{экв}} = 0,14 + (2,0/6) + (1,0/24) + (1,0/5) + (1,0/14) = 0,78 \%$$

Сталь 14ХГ2САФД является легированной. Эта сталь относится ко второй группе свариваемости и обладают удовлетворительной свариваемостью. Сварка для этих сталей должна выполняться с подогревом до сварки и последующей термообработкой. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже минус 10 градусов по Цельсию). Сталь 10ХСНД - низколегированная конструкционная

ГОСТ 19282-73. При сварке низкоуглеродистых сталей легко обеспечить равнопрочность сварного шва основному металлу.

Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

Таким образом, можно сделать вывод, что применяемые при изготовлении консоли стали удовлетворяют требованиям применимости этих при механизированной сварке $\text{CO}_2 + \text{Ar}$.

3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней. При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ тепловые характеристики дуги возрастают, что объясняется от части повышением доли теплоты, выделяющейся в результате химических реакций, и некоторым напряжением дуги. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO_2 [7]:



С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более плавному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны.

Аргон, растекаясь по поверхности свариваемого изделия, защищает

достаточно длительно довольно широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение CO_2 по реакции [6]:



Окисление металла происходит по реакции:



Но в тоже время большая концентрация окиси углерода будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали:



При сварке в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ происходит потеря легирующих элементов. Это приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В результате возрастает вероятность образования пор из-за выделения оксида углерода в процессе кристаллизации, и снижаются механические свойства металла шва.

Образование пор из-за выделения оксида углерода при сварке углеродистых сталей предотвращается, если металл шва содержит до 0,12-0,14% C, не ниже 0,5-0,8% Mn. При этом металл шва характеризуется малой склонностью к образованию пор, трещин и достаточно высокими механическими свойствами.

В большинстве случаев при сварке сталей беспористые швы указанного выше состава получают при применении кремне- марганцовистых электродных проволок Св-08Г2С, обеспечивающих малую загрязненность металла шва оксидными включениями.

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим сродством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



Окислы кремния и марганца образуют легкоплавкие соединения, которые в виде шлака всплывают на поверхность сварочной ванны. При сварке в углекислом газе количество шлака на поверхности шва составляет примерно от 1 до 1,5 % массы наплавленного металла.

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва выполняемого в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ проволокой Св – 08Г2С остается на необходимом уровне.

При сварке в CO_2 наблюдается повышенное по сравнению с другими способами сварки разбрызгивание электродного металла. Некоторая часть капель расплавленного металла, вылетающих из зоны сварки, прилипает или сплавляется со свариваемой деталью, соплом горелки и токоподводящим мундштуком. Налипание капель на поверхность сопла и токоподводящего мундштука может нарушить равномерную подачу электродной проволоки, ухудшить газовую защиту, поэтому необходимо периодически очищать сопло и токоподводящий мундштук от брызг.

Значительному снижению разбрызгивания электродного металла способствует добавление в смесь аргона - до 80 %. Это приводит к переходу от крупнокапельного переноса металла в дуге к струйному, что способствует улучшению сплавления, уменьшает подрезы, увеличивает производительность сварки и позволяет получать более плотные беспористые швы.

С увеличением выгорания кремния происходит образование горячих трещин, с уменьшением содержания кремния увеличивается количество расплавленного металла и уменьшается количество защитного газа на единицу массы переплавленного металла.

Технология сварки выбирается в зависимости от марки стали и требований, предъявляемых к сварным соединениям. Разработанная технология сварки должна обеспечивать получение достаточной работоспособностью при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их

размеры при сварке в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ должны соответствовать ГОСТ 14771-76. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений.

3.1.3 Расчёт режимов сварки

Параметры режима дуговой сварки в смеси газов плавящимся электродом следующие [8]:

- диаметр электродной проволоки - $d_{\text{эп}}$;
- скорость сварки – $V_{\text{с}}$;
- сварочный ток – $I_{\text{с}}$;
- напряжение сварки – $U_{\text{с}}$;
- вылет электродной проволоки – $L_{\text{в}}$;
- скорость подачи электродной проволоки – $V_{\text{эп}}$;
- общее количество проходов – $n_{\text{пр}}$;
- расход защитной смеси – $g_{\text{зг}}$.

Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08Г2С, в нижнем положении. Соединение нахлесточное типа Т1 с катетом 10 мм. показано на рисунке 3.1.

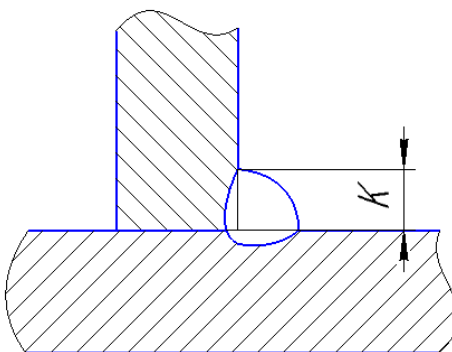


Рисунок 3.1 Соединение Т1 по ГОСТ 14771 – 76; К – катет

Тип соединения Т1-10 по ГОСТ 14771-76, сварка многопроходная.

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла соответствующего прохода (корневого и заполняющего), мм. [9]:

$$d_{ЭПi} = K_d \cdot F_{Hi}^{0,625}. \quad (3.8)$$

Коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации.

Ориентировочно площадь корневого и заполняющего проходов при положении шва принимаем $F_{HK}=20 \text{ мм}^2$ и $F_{H3}=40 \text{ мм}^2$.

Определим общее количество проходов [8]:

$$n_{по} = \frac{F_{HO} - F_{HK}}{F_{H3}} + 1 = \frac{60 - 20}{40} + 1 = 2. \quad (3.9)$$

Примем $n_{по} = 2$.

Уточним площадь F_{H3} с учетом количества проходов:

$$F_{H3} = \frac{F_{HO} - F_{HK}}{n_{по} - n_{пк}} = \frac{60 - 20}{2 - 1} = 40 \text{ мм}^2. \quad (3.10)$$

Рассчитаем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{ЭПК}$ и заполняющих $d_{ЭПЗ}$, при сварке $K_d=0,149...0,409$:

$$d_{ЭПК} = (0,149...0,409) \cdot F_{HK}^{0,625} = (0,149...0,409) \cdot 20^{0,625} = 0,97...2,4 \text{ мм}, \quad (3.11)$$

$$d_{ЭПЗ} = (0,149...0,409) \cdot F_{H3}^{0,625} = (0,149...0,409) \cdot 40^{0,625} = 1,49...3,7 \text{ мм}. \quad (3.12)$$

Примем стандартные значения диаметра сварочной проволоки:

$$d_{ЭПК} = d_{ЭПЗ} = 1,2 \text{ мм}.$$

Рассчитаем скорость сварки для корневого, заполняющего и подварочного проходов [8]:

$$V_{СК} = \frac{8,9 \cdot d_{ЭПК}^2 + 50,6 \cdot d_{ЭПК}^{1,5}}{F_{HK}} = \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{20} = 4 \text{ мм/с} = 14,4 \text{ м/ч}, \quad (3.13)$$

$$V_{сз} = \frac{8,9 \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 + 50,6 \cdot d_{\text{ЭПК}}^{1,5}}{F_{\text{НЗ}}} = \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{40} = 2 \text{ мм/с} = 7,2 \text{ м/ч.} \quad (3.14)$$

При известных площадях наплавленного металла, диаметрах электродных проволок и скорости сварки рассчитаем скорости подачи электродной проволоки по формуле [8]:

$$V_{\text{ЭПК}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СК}} \cdot F_{\text{НК}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 20}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 80 \text{ мм/с} = 288 \text{ м/ч}, \quad (3.15)$$

$$V_{\text{ЭПЗ}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СЗ}} \cdot F_{\text{НЗ}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 40}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 80 \text{ мм/с} = 288 \text{ м/ч.} \quad (3.16)$$

Рассчитаем сварочный ток для корневого, заполняющего и подварочного проходов при сварке на обратной полярности [8]:

$$\begin{aligned} I_{\text{СК}}^{0(+)} &= d_{\text{ЭПК}} \cdot (\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПК}} \cdot V_{\text{ЭПК}} + 145150} - 382) = \\ &= 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 80 + 145150} - 382) = 181,4 \text{ А,} \end{aligned} \quad (3.17)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{СЗ}}^{0(+)} &= d_{\text{ЭПЗ}} \cdot (\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПЗ}} \cdot V_{\text{ЭПЗ}} + 145150} - 382) = \\ &= 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 80 + 145150} - 382) = 181,4 \text{ А.} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Расчетное значение сварочного тока не выходит за пределы ограничений для положения $I_c \leq 510 \text{ А}$.

При расчете режимов для смеси газов $\text{Ar} + \text{CO}_2$ необходимо вводить поправочный коэффициент $k_{\text{см}}$, $k_{\text{см}} = 1,1 \dots 1,15$ (по данным отработки режимов в лаборатории сварки ООО «Юргинский машзавод»).

С учетом поправочного коэффициента:

$$I_{\text{СК}} = 181,4 \cdot 1,1 = 199,5 \text{ А,}$$

$$I_{\text{СЗ}} = 181,4 \cdot 1,1 = 199,5 \text{ А.}$$

Принимаем $I_c = 200 - 220 \text{ А}$.

Определим напряжение сварки для корневого, заполняющего и подварочного проходов [8]:

$$U_{\text{Ci}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\text{Ci}}, \quad (3.19)$$

$$U_{\text{СК}} = 14 + 0,05 \cdot 200 = 24 \text{ В,}$$

$$U_{C3}=14+0,05\cdot 220=25 \text{ В.}$$

Расход защитного газа CO_2 для соответствующих проходов [8]:

$$q_{зг}=3,3\cdot 10^{-3}\cdot I_C^{0,75}, \quad (3.20)$$

$$q_{згк}=3,3\cdot 10^{-3}\cdot 200^{0,75}=0,175 \text{ л/с}=10,3 \text{ л/мин},$$

$$q_{згз}=3,3\cdot 10^{-3}\cdot 220^{0,75}=0,188 \text{ л/с}=10,9 \text{ л/мин}.$$

Вылет электродной проволоки определяем по формуле [8]:

$$L_B = 10\cdot d_{эл} \pm 2\cdot d_{эл} = 10\cdot 1,2 \pm 2\cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм.} \quad (3.21)$$

Аналогично проводится расчёт режимов сварки остальных швов, часть режимов мы выбираем из справочной литературы и заносим в таблицу 3.8[9].

Таблица 3.8 – Режимы сварки, принятые для производства консоли

№ шва	Тип шва	Катет шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Количество проходов	Расход газа, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
1	H1	3	1,2	200-220	24-25	1	11
2	H1	5	1,2	200-220	24-25	1	11
3	T1	8	1,2	200-220	24-25	2	11
4	T1	10	1,2	200-220	24-25	2	11
5	T1	12	1,2	200-220	24-25	3	11
6	T1	15	1,2	200-220	24-25	6	11
7	T3	15	1,2	200-220	24-25	6	11
8	T6	-	1,2	200-220	24-25	7	11
9	У6	-	1,2	200-220	24-25	2	11
10	У1	-	1,2	200-220	24-25	4	11
11	У4	-	1,2	200-220	24-25	6	11
12	T1	-	1,2	200-220	24-25	8	11
13	н/ст	-	1,2	200-220	24-25	4	11
14	н/ст	-	1,2	200-220	24-25	6	11

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8
15	нест	-	1,2	200-220	24-25	5	11
16	нест	-	1,2	200-220	24-25	3	11
17	нест	-	1,2	200-220	24-25	4	11
18	нест	-	1,2	200-220	24-25	4	11
19	нест	-	1,2	200-220	24-25	7	11
20	нест	-	1,2	200-220	24-25	4	11
21	нест	-	1,2	200-220	24-25	5	11
22	нест	-	1,2	200-220	24-25	4	11
23	нест	-	1,2	200-220	24-25	7	11

3.2 Технологический раздел

3.2.1 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определённому типу производства (единичное, мелкосерийное, серийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств не существует.

Единичное производство — представляет собой форму организации производства, при которой различные виды продукции изготавливаются в одном или нескольких экземплярах (штучный выпуск).

Мелкосерийное производство незначительно отличается по своим технологическим особенностям от единичного производства. В мелкосерийном, как и в единичном производстве, применяют преимущественно универсальное оборудование (с расположением его в цехах по типам станков), нормальный рабочий и универсальный измерительный инструмент.

Серийное производство — это форма организации производства, для которой характерен выпуск изделий большими партиями (сериями) с установленной регулярностью выпуска.

Массовое производство — представляет собой форму организации производства, характеризующуюся постоянным выпуском строго ограниченной номенклатуры изделий, однородных по назначению, конструкции, технологическому типу, изготавливаемых одновременно и параллельно [10].

На основании вышеизложенных характеристик, учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N=500$ штук, а масса консоли равна 855 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

3.2.2 Общая структура процесса изготовления изделия

Технологический процесс сборки и сварки консоли начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно комплектовочной карте.

Операция 005- комплектовочная. Подборка деталей, входящих в сборочную единицу, согласно спецификации.

Проверить допуск плоскости 2 мм комингса в сборе и листа верхнего, при отклонении детали в сборку не допускать.

Операция 010- слесарно-сборочная. См. опер. 005. Установить на универсальную сборочно -сварочную плиту ССД-05-03 лист верхний.

Операция 015- сварка. См. опер. 005. Прихватить детали в порядке

установки. Произвести сварку сб. ед. Произвести сварку сб.ед.

Операция 020- слесарная. Зачистить сварное соединение от окалины и брызг сварки, срубить наплывы.

Операция 025- контроль. Проверить сб. ед. на соответствие чертежу. Проверить качество сварных швов.

Операция 030- слесарно-сборочная. См. опер. 005. Установить на сб. ед. 3 проушины с допуском симметричности 3,0 мм.

Операция 035- сварка. См. опер. 005. Прихватить детали в порядке установки. Произвести сварку сб.ед.

Операция 040- слесарная. Зачистить сварное соединение от окалины и брызг сварки, срубить наплывы.

Операция 045- контроль. См. опер. 005. Проверить сб. ед. на соответствие чертежу. Проверить качество сварных швов.

Операция 050- слесарно-сборочная. См. опер. 005. Установить на сб. ед. 2 полки на подкладки.

Операция 055- сварка. См. опер. 005. Прихватить детали в порядке установки. Произвести сварку сб.ед.

Операция 060- слесарная. См. опер. 005. Зачистить сварное соединение от окалины и брызг сварки, срубить наплывы.

Операция 065- контроль. См. опер. 005. Проверить сб. ед. на соответствие чертежу. Проверить качество сварных швов.

Операция 070- слесарно-сборочная. См. опер. 005. Установить на сб. ед. 2 ребра согласно КД. Клеймить клеймо слесаря производившего сборку.

Операция 075- сварка. Прихватить детали в порядке установки. Произвести сварку сб.ед.

Операция 080- слесарная. После полного остывания сб.ед. срезать жесткости техн. и усиления газорезкой. Зачистить места среза заподлицо с основным металлом. Заплавить места реза зачистить. Кантовать в удобное для работы положение. Зачистить сварное соединение от окалины и брызг сварки,

срубить наплывы.

Операция 085- правка. Править сб. ед.

Операция 090- контроль. Проверить сб.ед. на соответствие по чертежу.

Проверить установленные размеры.

Операция 095- обработка резанием. По отдельному техпроцессу.

Операция 100- слесарно-сборочная. См. опер. 005. Установить на сб. ед. 2 кольца по разметке. Установить на сб. ед. 2 заглушки согласно чертежу.

Операция 105- сварка. Прихватить детали в порядке установки. Произвести сварку сб.ед.

Операция 110- слесарная. Выполняется зачистка сварных швов от брызг, окалины, срубаются наплывы.

Операция 115– контроль. Изделие проверяется на соответствие требованиям КД и ТД. Проверить отсутствие сварных брызг, наплывов, грат

Работник БТК ставит личное клеймо. Оформляется технологический паспорт изделия. Проверить качество сварных швов.

Далее сборочную единицу отправляют на участок лакокрасочных покрытий.

Перемещение деталей в пределах участка выполняют кран-балкой грузоподъемностью 2,0т. Краном мостовым грузоподъемностью 10т перемещают готовую сборочную единицу.

Подробно последовательность изготовления консоли приведена в технологическом процессе (Приложение В).

3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

В предлагаемом технологическом процессе для основных сборочных операций применим универсальный сварочный сборочный стол ССД-05-03. Универсальный стол для сварочных работ ССД-05-03 – это трехмерная система, предназначенная для сборки и дальнейшей сварки изделий различного размера и сложности. Подобные сварочные столы незаменимы при изготовлении стеллажей, стенов, рам, дверей, стоек, шкафов управления и т.п. Использование универсального стола для сварки ССД-05-03 актуально в любой области промышленности, например, в металлообработке, машиностроении, приборостроении и т.д. Основным материалом изготовления сборочно-монтажных сварочных столов ССД-05-03 является высококачественная сталь, которая обеспечивает высокую устойчивость и прочность конструкции. Столы для сварки ССД-05-03 выдерживают вес до 5 тонн. Трехмерная система ССД-05-03 с координатной сеткой 50 мм на 50 мм имеет возможность увеличивать свой размер во всю длину, ширину и высоту. Регулируемые поворотные опоры позволяют компенсировать разные высоты и неровности поверхности. Многосторонняя обработка при производстве сварочных столов ССД-05-03 обеспечивает высокое качество и прочность продукции. Благодаря специальной разметке сварочного стола, включающей координатные линии и координатные отверстия, крепежные элементы быстро и легко устанавливаются. Дополнительные удобства в работе обеспечивает специально разработанная конструкция и комплектующие, например, такие как компенсаторы уровня, переходники для винтовых и колесных опор [11].

Также предлагается заменить дорогостоящее сварочное оборудование марки ESAB Mig 500 на современный промышленный сварочный инвертор фирмы «Кедр» MIG 509.

3.2.4 Нормирование операций

Техническое нормирование является основой правильной организации труда и заработной платы, а технические нормы времени - главным критерием при расчете потребного количества и загрузки оборудования и определения числа рабочих.

Норма штучного времени $T_{ш}$, мин. для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [12]:

$$T_{ш} = T_{н.ш-к} \cdot L + t_{ви}, \quad (3.22)$$

где $T_{н.ш-к}$ – неполное штучно-калькуляционное время, мин.,

L – длина свариваемого шва по чертежу, м,

$t_{ви}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования, мин.

Неполное штучно-калькуляционное время определяется по формуле:

$$T_{н.ш-к} = (T_o + t_{в.ш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{п-з}}{100}\right), \quad (3.23)$$

где T_o – основное время сварки, мин,

$t_{в.ш}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва, мин,

$a_{обс.}$, $a_{отл.}$, $a_{п-з}$ – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, подготовительно - заключительную работу, % к оперативному времени. Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27% [12].

Основное время для механизированной сварки в смеси газов определяется по формуле:

$$T_o = \frac{F \cdot \gamma \cdot 60}{I \cdot \alpha_n}, \quad (3.24)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм²,

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Для примера рассчитаем норму времени механизированной сварки в смеси газов на выполнение шва Т1 с катетом 10 мм (рисунок 3.2) в операции 015 – сварка.

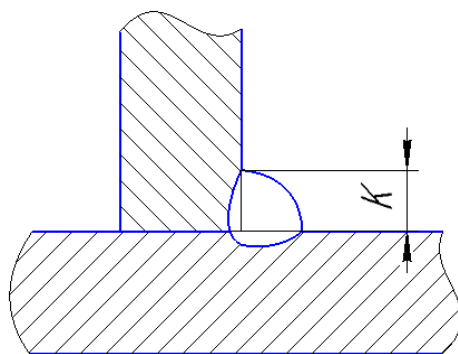


Рисунок 3.2 Соединение тавровое типа Т1 ГОСТ 14771-76

Исходные данные:

- марки сталей: 14ХГ2САФД;
- марка электродной проволоки Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70;
- шов по ГОСТ 14771-76 – Т1-Δ10;
- длина шва 2,32 м;
- положение шва нижнее;
- площадь поперечного сечения наплавленного металла шва $F = 60 \text{ мм}^2$;
- коэффициент наплавки для сварочной проволоки Св-08Г2С при механизированной сварке составляет $\alpha_n = 12,5 \text{ г/(А·ч)}$ [4].

Количество проходов – $n = 2$ шт.

$$T_o = \frac{20 \cdot 7,85 \cdot 60}{220 \cdot 12,5} + \frac{40 \cdot 7,85 \cdot 60}{220 \cdot 12,5} = 10,3 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.шт-к}} = (10,3 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 14 \text{ мин.}$$

где $t_{\text{вш}}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва согласно литературе [12] составляет 0,75 мин.

Определим норму штучного времени:

$$T_{шт} = 14 \cdot 2,32 + (2,2 + 1,8) = 36,48 \text{ мин},$$

где $t_{ви}$ согласно литературе [12] составляет:

установка или поворот краном – 2,2 мин,

снятие и транспортировка краном – 1,8 мин.

Аналогично рассчитывается норма штучного времени на сварку для всех швов. Результаты представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления консоли

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	$T_{шт}$, мин	Наименование операции	$T_{шт}$, мин
1	2	3	4	5
005	Комплектование	-	Комплектование	-
010	Слесарно-сборочная	66	Слесарно-сборочная	48,3
015	Сварка	552	Сварка	552
020	Слесарная	39,6	Слесарная	39,6
025	Контроль	-	Контроль	-
030	Слесарно-сборочная	88,2	Слесарно-сборочная	88,2
035	Сварка	871,2	Сварка	871,2
040	Слесарная	67,2	Слесарная	67,2
045	Контроль	-	Контроль	-
050	Слесарно-сборочная	42,6	Слесарно-сборочная	42,6
055	Сварка	360,6	Сварка	360,6
060	Слесарная	22,8	Слесарная	22,8
065	Контроль	-	Контроль	-
070	Слесарно-сборочная	12	Слесарно-сборочная	12
075	Сварка	115,8	Сварка	115,8

Продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4	5
080	Слесарная	45	Слесарная	45
085	Правка	12,6	Правка	12,6
090	Контроль	-	Контроль	-
095	Обработка резанием	-	Обработка резанием	-
100	Слесарно-сборочная	9	Слесарно-сборочная	9
105	Сварка	105,6	Сварка	105,6
110	Слесарная	9	Слесарная	9
115	Контроль	-	Контроль	-
Итого:		2419,2 мин (40,32 ч)		2401,5 мин (40,02 ч)

3.2.5 Выбор технологического оборудования

Пост для сварки в смеси газов $Ar+CO_2$ состоит из источника питания дуги и сварочного полуавтомата.

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия.

Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

- а) техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии;
- б) наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания;
- в) наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации;
- г) наименьшие габаритные размеры оборудования;
- д) наименьшая масса;

е) наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования.

Исходя из соображений технологического, экономического и эксплуатационного характера был выбран сварочный инвертор Кедр MIG 509.

Кедр MIG 509 - сварочный инвертор для профессионального использования, обеспечивающий полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в газовой среде и полуавтоматическую сварку порошковой проволокой без использования газа. В список свариваемых материалов входят конструкционная, нержавеющая, углеродистая сталь, алюминий и его сплавы. Особенности модели: плавная регулировка сварочного тока, напряжения (выводятся на двух цифровых дисплеях), длины дуги, скорости подачи проволоки, индуктивности и заливки кратера при окончании сварки; встроенная термозащита, принудительное охлаждение. Имеет ящик для хранения сварочных принадлежностей и площадку для баллона с газом [13].

Технические характеристики оборудования представлены в таблице 3.10 [13].

Таблица 3.10 - Технические характеристики Кедр MIG 509

№	Наименование параметра	Значение
1	Напряжение питающей сети, В	380±15%
2	Сварочный ток, А (ПВ=100%)	500
3	Пределы регулирования сварочного тока, А	30-500
4	Диаметр проволоки, мм	0,8; 1,0; 1,2
5	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	1,5-18
6	КПД, %	85
7	Напряжение холостого хода, В	60
8	Диапазон рабочего напряжения, В	15-44
9	Потребляемая мощность, кВА	24,6
10	Количество роликов, шт	4

Продолжение таблицы 3.10

11	Вместимость сварочной кассеты, кг	15
12	Расположение подающего устройства/катушки	выносное/снаружи
13	Габаритные размеры, мм	910x270x1300
14	Масса, кг	73

Для удаления технологических распорок используется резак пропановый (инжекторный) Р2-01 по ТУ 304-20-14-91. Технические характеристики резака Р2-01 представлены в таблице 3.11 [14].

Таблица 3.11 – Технические характеристики резака Р2-01

№	Наименование параметра	Значение
1	Толщина разрезаемой стали, мм	3-200
2	Давление газа, МПа кислорода горючего газа	0,25-0,75 0,003-0,12
3	Расход газа, м³/ч кислорода ацетилен природного газа	21 1,2 1,5
4	Габаритные размеры, мм	580x150x75
5	Масса, кг	не более 1,3

3.2.6 Контроль качества сварных соединений

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки. Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции.

Контролю качества подвергаются работы, как на отдельных операциях, так и сборочная единица в целом [16].

Объем и методы контроля указываются в конструкторской документации.

При газорезательных работах контролю подлежит:

- измерение размеров;
- величина шероховатости;
- состояния поверхности реза (отсутствие зарезов, выхватов).

При слесарной доработке деталей контролю подлежит:

- степень очистки поверхности листа;
- степень очистки поверхности реза;
- удаление грата;
- притупление острых кромок.

При сборке изделия контролю подлежит:

- форма и размеры сварных соединений (зазоры);
- чистота поверхностей, образующих сварное соединение;
- основные размеры, определяющие работоспособность конструкции - они должны быть указаны в КД.

При выполнении сварочных работ контролю подлежит:

- режимы сварки;
- температура предварительного подогрева;
- техника выполнения сварных швов;
- последовательность выполнения сварных швов.

При выполнении слесарной доработки изделия контролю подлежит:

- качество очистки поверхностей шва и околошовной зоны;
- удаление технологических распорок и жесткостей, доработка мест их приварки.

При осуществлении контрольной операции готовой сборочной единицы контролю подлежит:

- 100% осмотр и контроль сварных швов на наличие дефектов;
- контроль размеров сварных швов (выборочно);

- контроль МПД (магнитно-порошковая дефектоскопия) согласно указаниям в конструкторской документации;
- измерение линейных размеров;
- проверка соосности.

По результатам контроля оформляется одно из решений:

- сборочная единица признана годной: на приваренной бирке с клеймом сварщика ставится клеймо контролера БТК, заполняется технологический паспорт с подписями сварщика, мастера, контролера БТК или маршрутная карта с подписями сварщика, мастера, контролера БТК;
- сборочная единица не признана годной: контролер БТК выписывает извещение о возврате с указанием несоответствий, ставит подпись и дату [16].

Если причиной появившихся несоответствий является сварочное оборудование, то возможность аналогичных несоответствий как минимум на трех последующих сборочных единицах необходимо проверить особо тщательно [16].

3.2.7 Разработка технической документации

Разработка технической документации является обязательным элементом работы любого промышленного предприятия. С момента проектирования до момента ввода в эксплуатацию любой объект, оборудование, машины, устройства обязательно сопровождаются разработкой пакета технической документации.

Разработка технической документации должна быть выполнена таким образом, чтобы сформированный пакет документов содержал в себе полную, понятную, качественную информацию об объекте. В соответствии с требованиями закона, техническая документация может быть представлена как на бумажных носителях, так и в электронном виде. При необходимости

размещения технической документации в локальной сети компании, она предоставляется в электронном виде.

Этапы разработки технической документации включают:

- определение целей и задач проводимой работы;
- тщательное изучение объекта, для которого разрабатывается техническая документация;
- выявление требований;
- разработка и составление текста документов;
- согласование разработанного пакета документов;
- сопровождение.

При изменении особенностей оборудования, внесении изменений в их конструкцию, внедрение новых технологий в производство требует обязательного внесения соответствующих данных в техническую документацию. Обновление и пополнение пакета документов осуществляется по мере необходимости. При отсутствии изменений в течение всего периода эксплуатации объекта, изменения в документы не вносятся [17].

3.3 Конструкторский раздел

3.3.1 Общая характеристика механического оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных изделий представляет собой одну из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Сборочные операции при изготовлении сварных конструкций имеют цель – обеспечение правильного взаимного расположения деталей собираемого изделия. Наиболее рационально для сборки использовать прижимы.

Основными требованиями к сборочно-сварочным приспособлениям являются:

- свободный доступ к деталям;
- обеспечение рациональной последовательности сборки;
- обеспечение минимального числа кантовок изделий;
- безопасность в работе;
- прочность и жесткость приспособления.

В связи с тем, что консоль обладает значительной массой, для перемещения используется мостовой кран грузоподъемностью 10т.

3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства. Специфическая особенность этого производства - резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30 процентов общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75 процентов приходятся на долю сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75 процентов всего комплекса цехового оборудования [18].

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе сборку основных элементов консоли, таких как прогоны и ребра предлагается осуществлять на сборочно-сварочном столе ССД-05-03. Это позволит сократить время на слесарно-сборочной операции 010

и повысить качество изделия в целом. Чертеж приспособления сборочного ФЮРА.000001.277.00.000 СБ представлен в графическом разделе на отдельных листах.

3.3.3 Расчет элементов сборочно-сварочных приспособлений

В приспособлении ФЮРА.000001.277.00.000 СБ используются винтовые прижимы с резьбой М18 для фиксации прогонов и рёбер. Рассчитаем винтовой прижим.

Исходные данные:

- тяговое усилие Q , кгс;
- средний диаметр винта d_2 , см;
- внутренний диаметр винта d_1 , см;
- ход винтовой линии S , см;
- предел текучести материала винта σ_t , кгс/см².

Угол подъема винтовой линии резьбы определяется по формуле [19]:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi \cdot d_2}, \quad (3.25)$$

где $S=0,25$ см;

$\pi=3,14$;

$d_2=1,6675$ см.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0,25}{3,14 \cdot 1,6675} = 0,047,$$

$$\beta = 2,69^\circ.$$

Определим КПД передачи, % [19]:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta + \rho)}, \quad (3.26)$$

где при малых скоростях скольжения угол трения $\rho = 6 \dots 8^\circ$.

$$\eta = \frac{2,69}{\operatorname{tg}(2,69+8)} = 14,25\%.$$

Определим допускаемое напряжение в материале винта, кгс/см² [19]:

$$[\sigma_B] = \frac{\sigma_T}{3,5}; \quad (3.27)$$

для стали 35 предел текучести равен 32 кгс/мм²=3200 кгс/см²,

$$[\sigma_B] = \frac{3200}{3,5} = 914,2 \text{ кгс/см}^2.$$

Определим расчётную площадь сечения винта [19]:

$$F = 0,785 \cdot d_1^2, \quad (3.28)$$

где $d_1 = 1,535$ см.

$$F = 0,785 \cdot 1,535^2 = 1,84 \text{ см}^2.$$

Приведенное напряжение винта определяется по формуле [19]:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{Q}{F} \cdot \sqrt{1 + 1,6 \cdot \left(\frac{S}{\eta \cdot d_1} \right)^2}, \quad (3.29)$$

где $Q = 500$ кгс.

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{500}{1,84} \cdot \sqrt{1 + 1,6 \cdot \left(\frac{0,25}{14,25 \cdot 1,535} \right)^2} = 271,7 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\sigma_{\text{пр}} \leq [\sigma_B].$$

Условие $\sigma_{\text{пр}} \leq [\sigma_B]$ выполняется, данный результат расчета удовлетворяет [19].

3.4 Пространственное расположение производственного процесса

3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства,

необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [20].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цехи могут включать следующие отделения и помещения:

- производственные отделения: заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла.

Сборочно-сварочное отделение, подразделяющееся обычно на узловую и общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления пороков, нанесения покрытий и отделки продукции;

- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно - конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [20].

Проектируемый в составе завода самостоятельный сборочно-сварочный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым сборочно-сварочным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу в целом.

При проектировании, как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий [20].

3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

Размещение цеха - всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [20].

Для проектируемого участка сборки и сварки консоли принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется кран – балкой, а поперечное (на складах) – автокарами либо краном мостовым.

3.4.3 Расчет основных элементов производства

3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования

Необходимое количество оборудования найдем по формуле [21]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot K_{вн}}, \quad (3.30)$$

где N – годовая производственная программа, шт., $N = 500$ шт.;

$T_{шт}$ – трудоемкость определенной операции, мин.;

F_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч, $F_d = 3760$;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм., $K_{вн} = 1,0$.

Определяем необходимое количество вспомогательных приспособлений и оборудования. Данные расчета сводим в таблицы 3.12 и 3.13.

Коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле [21]:

$$K_{зо} = C_p / C_{п} \cdot 100, \quad (3.31)$$

где C_p – расчетное количество оборудования, шт.;

$C_{п}$ – принятое количество оборудования, шт.

Таблица 3.12 – Количество вспомогательного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Номер операции	Наименование оборудования	$T_{шт}$, мин	C_p , шт	$C_{п}$, шт	$K_{зо}$, %
1	2	3	4	5	6
Базовый технологический процесс					
010, 015, 020, 025, 030, 035, 040, 045, 050, 055, 060, 065, 070, 075, 080, 090, 100, 105, 110, 115	Плита сборочно-сварочная	2406,6	5,33	6	88

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6
Предлагаемый технологический процесс					
010	Приспособление сборочное ФЮРА.000001.277.00.000	48,3	0,11	1	11
015, 020, 025, 030, 035, 040, 045, 050, 055, 060, 065, 070, 075, 080, 090, 100, 105, 110, 115	Плита сборочно-сварочная	2353,2	5,21	6	86

Таблица 3.13 – Количество сварочного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Номер операции	Наименование оборудования	T _ш , мин	C _р , шт	C _п , шт	K _{зо} , %
Базовый технологический процесс					
015, 035, 055, 075, 105	ESAB Mig 500	2005,2	4,4	6	73
Предлагаемый технологический процесс					
015, 035, 055, 075, 105	Кедр MIG 509	2005,2	4,4	6	73

Определение количества оборудования осуществляем путем округления расчетного количества оборудования C_р до целого числа в большую сто

3.4.3.2 Определение состава и численности работающих

Определим необходимое количество основных рабочих. Основными считаются те рабочие, которые заняты выполнением операций технологического процесса по изготовлению продукции. Количество основных рабочих – списочное и явочное определяется по формуле [21]:

$$P_{\text{СП}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.32)$$

$$P_{\text{ЯВ}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}}}. \quad (3.33)$$

где N – годовая программа выпуска изделия, шт.; $N = 500$ шт.;

$T_{\text{шт}}$ - трудоемкость технологического процесса, мин.;

$F_{\text{д}}$ – действительный фонд рабочего времени, ч $F_{\text{д}} = 1760$ ч.;

$F_{\text{н}}$ - номинальный фонд рабочего времени, ч; $F_{\text{н}} = 1981$ ч.;

$K_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм.

Численность основных рабочих рассчитываем для двусменного режима работы. Затем полученное число рабочих распределяем по операциям технологического процесса в зависимости от загрузки оборудования на этих операциях.

Расчетная величина численности основных рабочих получается дробной, поэтому ее округляют до целого числа в большую сторону и называют принятой $P_{\text{п}}$.

Численность вспомогательных рабочих рассчитывается в процентах от основных рабочих по формуле [21]:

$$P_{\text{всп}} = P_{\text{сп}} \cdot \Pi / 100, \quad (3.34)$$

где $P_{\text{сп}}$ - принятое списочное число основных рабочих, чел.;

Π – процент вспомогательных рабочих, $\Pi = 25\%$.

Численность инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала определяем по формуле [21]:

$$P_{итр}=(P_{сп}+P_{всп})\times\P/100, \quad (3.35)$$

где Π для ИТР – 8%, МОП – 2%, контролеры – 1%.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.14.

Таблица 3.14 – Количество рабочих на участке

Вариант технологического процесса	Базовый	Предлагаемый
1	2	3
Трудоемкость $T_{ш}$, мин.	2419,2	2401,5
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{сп}$ и $P_{п}$, чел.	11,45/12	11,36/12
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	10,17/11	10,10/11
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	3/3	3/3
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	1,2/2	1,2/2
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,3/1	0,3/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,15/1	0,15/2

Определяем коэффициент сменности по формуле [21]:

$$k_p=P_{яв}/P_{яв1}, \quad (3.36)$$

где k_p - коэффициент сменности;

$P_{яв1}$ - число рабочих в первую смену, чел.

Для базового технологического процесса:

$$k_p = 11/6 = 1,83.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = 11/6 = 1,83.$$

Для предлагаемого технологического процесса явочное число основных рабочих в первую смену примем – 6 человек, во вторую смену – 5 человек.

3.4.4 Планировка заготовительных отделений

Заготовительные отделения сборочно-сварочного цеха обычно располагают в продольных пролетах. При этом они либо служат продолжением продольных пролетов сборочно-сварочных отделений, либо располагаются параллельно этим пролетам.

Заготовительные отделения для данной компоновки, когда пролеты сборочно-сварочного и заготовительного отделений составляют продолжения один другого, планируют в следующем порядке:

- из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортаментов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;
- общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортаментов металла;
- количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения.

Если при планировке заготовительного отделения требуемое число пролетов последнего получается меньше установленного количества пролетов для сборочно-сварочного отделения, площадь, остающаяся в пролетах, не занятых заготовительным отделением, используют для размещения различных вспомогательных производств и помещений (мастерских – инструментальной, ремонтной) [20].

3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

При разработке плана отделений узловой и общей сборки и сварки основным является определение требуемого числа пролетов и необходимых размеров каждого из них – длины, ширины, высоты. Эти параметры, принятые приближенно при составлении компоновочной схемы цеха, подлежат уточнению в процессе подробной разработки технологического плана с учетом рекомендуемых размеров пролетов по нормам технологического проектирования.

При детальном проектировании основным методом уточнения указанных параметров плана отделений сборки и сварки служит последовательное (по ходу выполнения технологического процесса) размещения на плане принятого по расчету количества оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест.

В схеме компоновки цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей сборки и сварки каждого изделия расположены в одних и тех же продольных пролетах, специализация которых осуществляется по производству отдельных типов заданных для изготовления изделий. В связи с этим для рассматриваемой схемы планировки цеха необходимое число пролетов зависит от количественного соотношения заданных к производству изделий разных типов. В таком случае требуемое число пролетов можно приближенно оценить на основе их специализации с уточнением его в процессе последующего размещения оборудования и рабочих мест на плане проектируемого цеха [20].

После проведения всех подсчетов и установления на основе указанных выше соображений рационального взаимного расположения продольных пролетов приступают к нанесению на бумагу в принятом масштабе сетки колонн проектируемого цеха и к размещению в его пролетах оборудования и рабочих мест.

Планировку элементов производства в каждом пролете сборочно-сварочных отделений выполняют сообразно с последовательностью работ, указанной в ранее разработанной карте технологического процесса. Одновременно с вычерчиванием габаритов рабочих мест в проходах, вокруг последних указывают также размещение рабочих.

3.4.6 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений

Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий СН 245-71». Перечень этих помещений, а также расчетные нормы требуемой площади для данного участка сборки и сварки консоли представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Планировка административно-конторских и бытовых помещений

Помещения	Расчетная единица	Условия для определения требуемого количества расчетных единиц	Площадь, м ²	
			Полезная	Общая
1	2	3	4	5
Контора цеха	Рабочее место	Один стол на каждого сотрудника	-	4x3
Гардероб	Шкаф 0,35x0,5 м	Один шкаф на каждого работающего	0,18	0,43x 15

Продолжение таблицы 3.15

1	2	3	4	5
Уборные	Кабина 1,2х0,9 м Шлюз (тамбур)	При максимально явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08	3,06х8
			-	6,8
Душевые	Кабина 0,9х0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62х2
	Место для переодевания 0,7х0,5 м	Три места на каждую кабину	0,35	1х6
	Тамбур	Между душевой и раздевательной комнатой	-	4
Помещения для приема пищи	Комната	1 м ² /чел. по явочному составу	-	1х8

В целях сокращения пути, который должен проходить рабочий, гардеробные следует располагать возможно ближе к входам в цех. В непосредственной близости от них должны быть расположены уборные, умывальные и душевые.

В целях осуществления санитарно-гигиенических требований эксплуатации бытовых помещений помещения для принятия пищи следует располагать на достаточно большом расстоянии от уборных [20].

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления разработан механизированный участок сборки сварки консоли МКЮ4У.54.

Для сборки основания было предложено применение сборочно-сварочного стола ССД-05-03, что позволило сократить время на сборочной операции. В результате нововведения время изготовления одной консоли сократилось на 17,7 минут.

Так же была предложена замена сварочного оборудования на современные промышленные инверторы «Кедр» MIG 509.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки, сварочных материалов и оборудования, произведён расчёт элементов приспособлений.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоды предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 500 изделий.

Площадь спроектированного участка – 277,2 м².

Средний коэффициент загрузки оборудования – 73 %.

Экономический эффект на единицу изделия – 177,17 рублей.