

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка технологии изготовления рамы зонального блока для атомной
подводной лодки

Обучающийся

Ю.А. Винокуров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Г. Бочкарев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Цель ВКР – разработка технологии изготовления рамы зонального блока, расчет деформаций, возникающих при ручной дуговой и механизированной сварке, технико-экономические показатели.

Актуальность ВКР обоснована тем, что для свободной установки рамы в основном корпусе лодки, необходимо сохранить геометрические параметры рамы, заданные чертежом.

Основная задача работы состоит в том, чтобы выяснить, какие факторы влияют на возникновение сварочных деформаций. Выполнить необходимые мероприятия для их уменьшения.

В настоящей работе рассмотрены основные вопросы, касающиеся применяемых сварочных материалов, обеспечения прочности сварных соединений, а также технологии сварки применяемые при изготовлении рамы зонального блока.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ конструктивно-технологических особенностей объекта производства и основных материалов	7
1.1 Назначение и условия эксплуатации.....	7
1.2 Основной материал конструкции. Требования к химическим и механическим свойствам, поставляемого проката.....	7
1.3 Способы сварки и сварочные материалы, которые используются при изготовлении данной конструкции. Преимущества выбранных способов сварки и сварочных материалов	8
2 Разработка технологии по изготовлению рамы блока зонального	9
2.1 Разбивка конструкции на сборочные узлы, подсекции, секции	9
2.1.1 Способы изготовления деталей и требования к ним.....	9
2.1.2 Основные требования при выполнении сборочных работ	10
2.1.3 Используемая оснастка.....	15
2.2 Общие требования по сварке	17
2.2.1 Сварочные материалы и подготовка их перед запуском в производство.....	17
2.2.2 Основные требования по сварке данной марки стали	20
2.2.3 Расчет режимов сварки.....	22
2.2.4 Расчет сварочных деформаций.....	22
2.3 Технологическая последовательность изготовления узлов, секций. узлы сварки. мероприятия по снижению деформаций.....	35
2.3.1 Технологическая последовательность изготовления узлов, подсекций	35
2.3.2 Узлы сварки	39
2.3.3 Мероприятия по снижению деформаций	40
2.4 Контроль качества готовой конструкции	42
2.5 Расчет трудоемкости сборочно-сварочных работ	46

2.5.1 Расчет численности производственных рабочих по профессиям, занятым на участке.....	48
2.5.2 Расчет численности вспомогательных рабочих, обслуживающих участок.....	52
2.5.3 Численность руководящих работников и специалистов, обеспечивающих функционирование производственного участка.....	52
2.5.4 Расчет численности служащих и младшего обслуживающего персонала.....	52
2.5.5 Расчет количества необходимого технологического оборудования производственного участка и анализ его загрузки.....	53
3 Технико-экономическое обоснование проекта.....	56
4 Охрана труда, техника безопасности и охраны окружающей среды.....	57
Заключение.....	60
Список используемой литературы.....	62

Определения, обозначения и сокращения

ОТК – отдел технического контроля.

ВКР – выпускная квалификационная работ.

ГОСТ – государственный отраслевой стандарт.

НТУ – научно-технологическое управление.

ОСТ – отраслевой стандарт.

ОТК – отдел технического контроля.

ПК – правила контроля.

РГК – радиографический контроль.

РД – руководящий документ.

ТО – технический отдел.

ЧПУ – числовое программное управление.

КД – конструкторская документация.

Введение

Темой ВКР является разработка технологии изготовления рамы зонального блока.

Амортизирующий зональный блок - это каркас, в котором расположены ключевые элементы подводной лодки, такие как: основное оборудование, командный пункт и боевые станции [1]. Зональный блок обеспечивает уменьшение акустических полей, обеспечивает защиту экипажа и оборудование от перегрузок [1]. Готовый зональный блок помещается в основной корпус подводной лодки, отсюда остается актуален вопрос сохранения геометрических параметров рамы [1].

Готовый зональный блок помещается в основной корпус подводной лодки, отсюда остается актуален вопрос сохранения геометрических параметров рамы [1].

В выпускной квалификационной работе рассмотрены сварочные деформации, возникающие при ручной дуговой сварке покрытыми электродами и при механизированной сварке в среде защитных газов, рассчитаны технико-экономические показатели и трудоемкость для данных видов сварки [1]. Не может быть универсальных однозначных рекомендаций по предотвращению сварочных деформаций различных видов. В каждом конкретном случае на базе теории сварочных деформаций и напряжений следует критически анализировать возможность применения различных методов уменьшения сварочных деформаций и применять оптимальный для конкретной конструкции [1].

Актуальность работы обоснована увеличением степени автоматизации процессов сварки конструкции, заменой ручной дуговой сварки механизированной сваркой, применением более современного способа автоматической сварки под флюсом, что в итоге должно привести к снижению себестоимости продукции и трудоемкости, повысить качество изделия [1].

1 Анализ конструктивно-технологических особенностей объекта производства и основных материалов

1.1 Назначение и условия эксплуатации

Амортизирующий зональный блок - это каркас, в котором расположены ключевые элементы подводной лодки, такие как: основное оборудование, командный пункт и боевые станции [1]. Зональный блок обеспечивает уменьшение акустических полей, обеспечивает защиту экипаж и оборудование от перегрузок [1].

1.2 Основной материал конструкции. Требования к химическим и механическим свойствам, поставляемого проката

Каркас выполнен из стали АК-25, которая обладает высокой прочностью, что обеспечивает надежность и долговечность конструкции [1]. При монтаже блока нужно строго придерживаться геометрически заданных параметров рамы, для правильного функционирования всех систем.

Прокат проверяют по:

- размеру и форме;
- качеству поверхности;
- хим составу;
- механическим свойствам;
- виду излома;
- результатам неразрушающего метода контроля.

Химический состав стали АК-25:

Углерод – от 0,09 до 0,14%

Марганец – от 0,3 до 0,6%

Кремний – от 0,17 до 0,37%

Хром – от 0,8 до 1,2%

Никель – от 2,6 до 3%

Молибден – от 0,2 до 0,27%

Сера – до 0,025%

Фосфор – до 0,02%.

1.3 Способы сварки и сварочные материалы, которые используются при изготовлении данной конструкции. Преимущества выбранных способов сварки и сварочных материалов

Строительство конструкции будем осуществлять с помощью сварки: РДС и полуавтоматическую сварку в среде.

Прихватки будем устанавливать РДС электродами марки 48Н-1. Электроды 48Н-1 используются для сварки высокопрочных сталей.

Химический состав наплавленного металла электродами марки 48Н-1:

Углерод – от 0,07 до 0,11%

Марганец – от 0,5 до 0,9%

Кремний – от 0,15 до 0,35%

Хром – от 0,6 до 1%

Никель – от 1,2 до 1,8%

Молибден – от 0,15 до 0,45%.

Механические свойства:

Временное сопротивление – 610 Мпа

Предел текучести – 510 Мпа

Относительное удлинение – 16%

Ударная вязкость – 115 Дж/см²

Сварку зонального блока будем выполнять полуавтоматическим способом в среде защитных газов, проволокой марки ПП-СВП2. Защитой сварочной дуги будет выступать смесь Ar + CO₂ в соотношении 20 на 80%.

Химический состав ПП-СВП2: С – 0,1%, Mn – 1,6%, Si – от 0,3 до 0,5%, Cr – до 0,3%, Ni – от 2,1 до 3%.

2 Разработка технологии по изготовлению рамы блока зонального

2.1 Разбивка конструкции на сборочные узлы, подсекции, секции

Таблица 1 – Сборочные узлы

Наименование, узлы	Наименование деталей, входящих в узел	Количество узлов
1	поз. 1 + поз. 2 + поз. 3	1
2	поз. 4 поз. 5 + поз. 6	1
3	поз. 7 поз. 8/2 + поз. 9 + поз. 10 + поз. 11 + поз. 12 + поз. 13 + поз. 14	1
4	поз. 15 + поз.16/2 + поз. 17 + поз. 18 + поз. 19 + поз. 20 + поз. 21 + поз. 22	1
5	поз. 23/8 + поз. 24/8 + поз. 25/8	8
6	поз. 26/8 + поз. 27/8 + поз. 28/8 + поз. 29/8	8
7	поз. 30/8 + поз. 31/8 + поз. 32/8 + поз. 33/8	8
8	поз. 34/14 + поз. 35/14	14
9	поз. 36/14 + поз. 37/14 + поз. 38/14	14
Детали россыпи	поз. 39/4; поз. 40/4; поз. 41/4; поз. 42/4; поз. 43/4; поз. 44/4; поз. 45/4; поз.46/4; поз. 47/4; поз. 48/4; поз. 49/14	
Секция	Уз. 1 + Уз. 2 + Уз. 3 + Уз. 4 + Уз. 5 + Уз. 6 + Уз. 7 + Уз. 8 + Уз. 9 + дет. россыпи	

2.1.1 Способы изготовления деталей и требования к ним

Детали зонального блока будут вырезаться при помощи тепловой резки. Резка листов на детали важнейшая задача заготовительного цеха. Трудоемкость тепловой резки деталей составляет от 25 до 45% всей трудоемкости изготовления секции. Тепловую резку выполняют как на стационарных, так и на переносных установках, а также вручную.

В зависимости от вида системы управления стационарные машины для тепловой резки могут работать: по программам, записанным на магнитной ленте или на бумажной перфоленте, по копир чертежам и по стальным копирам, выполняемым обычно в виде копир-щитов.

«Стационарные машины» в судостроении выпускаются двух видов: с программным управлением и с фотоэлектронным управлением (работающие по копир-чертежам). Первые имеют общее наименование «Кристалл», вторые — «Зенит». Каждый из двух видов машин подразделяется по виду процесса резки (плазменная — Пл или кислородная — К), по размерам обрабатываемых листов (максимальная ширина разрезаемого листа в метрах указывается в обозначении машины) и по количеству одновременно обрабатываемых листов.

Максимальная скорость перемещения резака на машинах «Кристалл» и «Зенит» составляет 4 м/мин.

Наряду с перечисленными используются некоторые специализированные стационарные газорезательные машины, например, машины для вырезки из листа круглых фланцев.

Портативные газовые резаки устанавливаются на тележках, движущихся по направляющим на заготовке. Они позволяют резать листы с прямыми и изогнутыми краями, также можно подготовить кромки для сварки. Резка выполняется одним или несколькими проходами, при необходимости есть возможность объединить резаки в блок для одновременной работы. Современные газовые резаки оснащены блоком для быстрой резки с подготовкой кромок для мелких деталей этот не применяется из-за долгой настройки оборудования. Скорость резки очень зависит от качества кислорода.

Современное оборудование и технология резки пока не обеспечивают такой точности, чтобы полностью исключить необходимость подрезки при сборке.

2.1.2 Основные требования при выполнении сборочных работ

«К выполнению работ по сборке допускаются сборщики корпусов металлических судов, сдавшие экзамены на присвоение соответствующей квалификации. Рабочие, занятые на сборке конструкций из сталей, подведомственных МРС РФ, должны пройти дополнительное теоретическое

и практическое обучение по особенностям сборки конструкций из данных сталей, сдать экзамены и получить допуск на право выполнения сборки конструкций из указанных сталей» [22].

«К руководству работами допускаются мастера и ИТР, изучившие требования ОСТ5.9092-91. "Корпуса стальных судов", чертежей, техпроцессов на изготовление конструкций, ОСТ5.1093-91 "Правила контроля..." и аттестованные заводской комиссией» [20].

«Детали, поступающие на сборку, должны быть изготовлены в соответствии с требованиями к точности размеров и формы, заданными в чертеже или технической документации, загрунтованы, замаркированы, приняты службами технического контроля, скомплектованы и иметь сопроводительную документацию» [20].

«Тепловая строжка и резка применяется после причерчивания при подготовке деталей, узлов, секций для удаления контуровочных и монтажных припусков, а также при разделке кромок под сварку, при строжке корня сварного шва, удалений прихваток и временных креплений» [20].

«Детали, поступающие на сборку, должны быть очищены от грязи, ржавчины и не иметь на поверхности и кромках дефектов в виде заусениц, грата, трещин, вмятин и вырывов» [20].

«Подготовку кромок под сварку под сварку и снятие скоса (ласки) рекомендуется производить механическим способом. При снятии скоса и подготовки кромок под сварку тепловой резкой должна выполняться последующая зачистка наждачным кругом» [20].

«Зачистку деталей под сварку следует производить перед сборкой до чистого металла, то есть до полного удаления ржавчины, окалина, масла, влаги и других загрязнений, а также краски и специальных покрытий в соответствии с требованиями РД 5Р.9083-92. Качество зачистки кромок деталей под сварку должно приниматься УКП» [19].

«Зачистку кромок и поверхностей под сварку следует производить:

а) стальными щетками, или прожиганием пламенем газовой горелки – для деталей, прошедших механическую обработку;

б) механическим кругом, места, недоступные для зачистки кругом, зачищаются борфрезой.

Места зачистки и размеры зачищаемых поверхностей следует назначать, согласно рисунку 1.

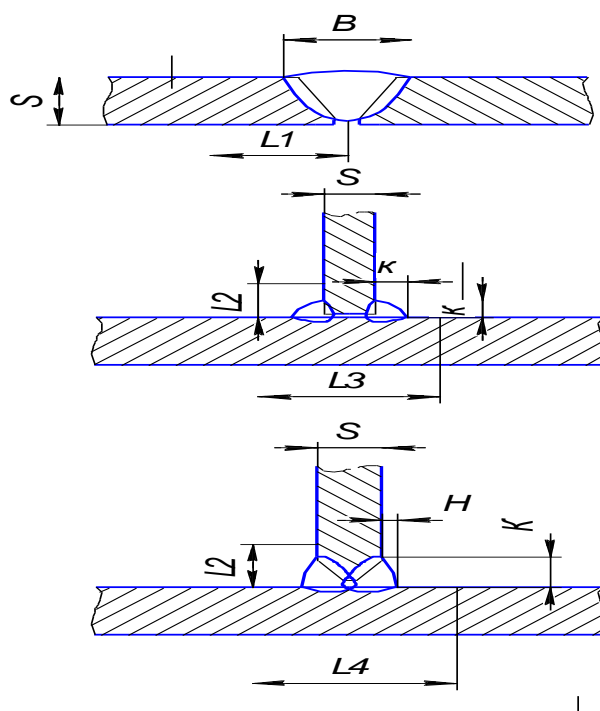


Рисунок 1 – Зачистка кромок свариваемых деталей: L – ширина зачищаемой поверхности; B – ширина шва; K – высота шва; S – толщина детали

Приемка чистоты кромок под сварку должна производиться УКП непосредственно перед выполнением подварки или сварки» [3].

«Если свариваемые кромки оказались загрязненными, то соединения, собранные под сварку, должны быть повторно зачищены перед сваркой металлической щеткой или прожжены газовой горелкой. Если повторная зачистка не обеспечивает требуемой чистоты кромок, то сварное соединение должно быть разобрано и зачищено наждачным кругом. После сборки соединение повторно предъявляется УКП» [3].

«Величина зазора стыкуемых под сварку кромок деталей должна соответствовать требованиям тех. документации. Для достижения требуемой

величины зазора, стыкуемые кромки следует подгонять путем газовой резки с последующей зачисткой подрезанных мест наждачным кругом до чистого металла» [3].

«Исправление увеличенных зазоров допускается производить наплавкой, если отклонения от допустимых величин не превышают толщины стыкуемых элементов и толщиной не более 10 мм. В каждом случае должно быть оформлено соответствующее разрешение на исправление, выяснены причины появления недопустимых зазоров и намечены мероприятия по их устранению» [3].

«Исправление недопустимых зазоров наплавкой допускается на длине не более 500 мм на 1 метр, при этом суммарная длина наплавляемых участков не должна превышать 30 % длины технологического участка сварного шва» [3].

«Допускаемое смещение кромок деталей конструкции, собранной под сварку, не должно превышать размеров, установленных требованиями действующей документации на сварные соединения ($0,1 \cdot S$, но не более 2 мм.)» [10].

«Закрепление деталей при сборке конструкции под сварку должно выполняться при помощи прихваток (жесткое закрепление) или эластичных креплений (гребенок, скоб, талрепов и т.д.)» [3].

«Применение технологических планок, прихваток, гребенок, скоб и т.д. временных крепежных приспособлений с приваркой их к корпусным конструкциям должно быть сведено к минимуму» [3].

«По концам стыкуемых деталей или конструкций следует выполнять по 2 - 3 усиленных прихватки длиной 50 - 70 мм при расстоянии 50 - 150 мм» [3].

Таблица 2 – Прихватки

Наименование прихваток	Толщина деталей, мм				
	До 3	4 – 10	11 – 15	16 – 25	более 25
Размер прихваток	10 – 15	15 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Высота и ширина усиления прихватки для стыковых и угловых соединений без скоса кромок	Не должна превышать размеров усиления сварного шва				
Высота прихваток для соединений со скосом кромок	$\leq S$	$(0,5 \dots 0,7) \cdot S$, но не более 12			
Катет прихватки для соединений без скоса кромки	3	4	5	6	
Расстояние между прихватками	От 100 до 200	От 150 до 250	От 250 до 350	От 350 до 450	От 450 до 600

«В участках пересечения сварных соединений запрещается располагать прихватки на расстоянии менее 50 мм от шва, выполняемого в первую очередь (рисунок 2)» [3].

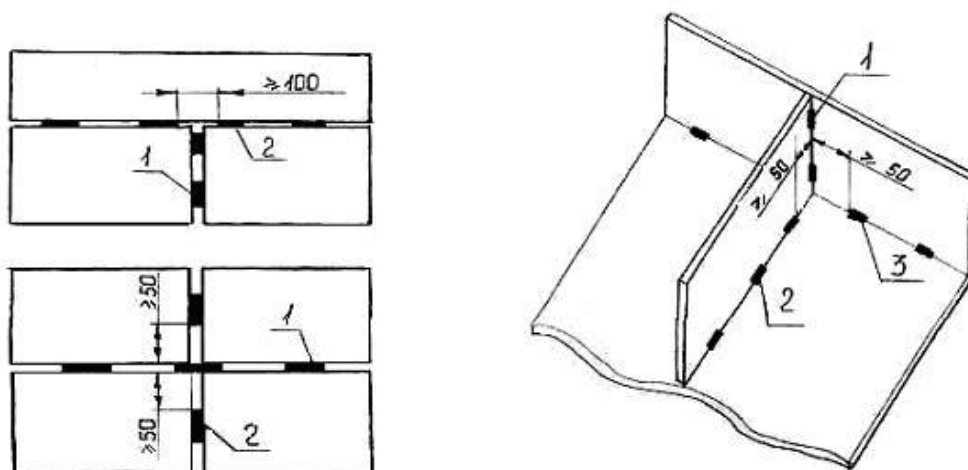


Рисунок 2 – Схема прихваток на пересечении сварных соединений:
 1 – сварной шов, свариваемый в первую очередь; 2 – сварной шов, свариваемый во вторую очередь; 3 – сварной шов, свариваемый в третью очередь

«Запрещается удалять временные прихватки ударом, так как это приводит к разрыву (вырыву) основного металла по зоне термического влияния» [16].

«Работы по прихватке должны выполняться только рабочими, имеющими соответствующую квалификацию, а на специальных элементах конструкций прихватки должны выполняться сварщиками той же квалификации, что и сварка этих элементов» [16].

«Выполнение прихваток должно производиться электродами той же марки и на тех же режимах, что и сварка всей конструкции» [16].

«Прихватки следует располагать со стороны противоположной сварке» [16].

«При выполнении прихваток необходимо соблюдать параметры режима сварки, которые бы обеспечивали минимальную погонную энергию и которые указаны в п. 3.3» [13].

«Прихватки не должны иметь недопустимых дефектов: подрезов, наплывов, пор, шлаковых включений, трещин, не заваренных кратеров. Некачественно выполненные прихватки, а также прихватки с трещинами должны быть удалены и вместо них установлены новые» [16].

При возникновении деформаций больших пяти значений величин допусков по НТД, методы исправления определяются проектантом и согласовываются с МРС РФ.

2.1.3 Используемая оснастка

В настоящее время в корпусосварочном производстве выполнение работ по изготовлению объёмных секций производится на разобщённых по территории сборочно-сварочного производства отдельных участках, оснащённых простейшими сборочными стендами и средствами малой механизации. При этом на участках отсутствует специализированное оборудование, и все основные работы по сборке выполняются с высокой долей ручного труда. Отсутствует высокоэффективное оборудование для

выполнения погрузочно-разгрузочных и транспортных операций, что значительно сдерживает процесс изготовления конструкций.

Средства технологического оснащения – дополнительное основное технологическое оборудование, которое предназначено для механизации и автоматизации процесса сборки и сварки. Средства технологического оснащения дают возможность снизить время на производство изделия, уменьшить трудоемкость, а так же решить некоторые вопросы по его изготовлению. Снижение затраченного времени и ручного труда, на производство конструкции, в свою очередь, делает изготовление менее дорогим.

Между понятиями «технологическое оборудование» и «технологическая оснастка» не существует строгого разграничения.

Так, например, мостовые краны принято считать оборудованием, а лекальную постель под сборку секций – оснасткой.

Приспособления:

- Обжатие полотен к постелям производится с целью предупреждения появления сверхдопустимых угловых деформаций («домиков») и осуществляется с помощью приваренных к постели по периметру полотна Г-образных гребёнок со скользящими клиньями согласно разработанному на предприятии технологического техпроцесса.

- Для обеспечения точного направления движения автоматов могут использоваться направляющие из уголка 25 x 25 (20 x 20), устанавливаемые на всю длину сварного соединения точностью ± 1 мм на расстоянии 100 мм от кромки стык и прихватываемые короткими прихватками к полотну.

Для этих же целей целесообразно использовать штатные направляющие, изготовленные из такого же уголка и металлической полосы толщиной 5–6 мм (соединенных перемычками) длиной под максимальную длину стыковых соединений, свариваемых на данном рабочем месте. Колеса автоматов в этом случае перемещаются по уголку, задающему направление, и металлической полосе шириной ~ 100 мм.

Недостатки: Отсутствие постоянства силы зажима, закрепление при помощи сварки.

В связи с увеличением объёмов работ на производстве, для повышения качества выпускаемой продукции, необходимо уменьшение трудоёмкости, а также материальных затрат. Для достижения данной задачи, необходимо выполнить модернизацию и внедрение новейшей подъёмно-транспортной системы, понадобится оснастить производство специализированными автоматизированными поточными линиями для изготовления объёмных узлов и секций, оснастить современным сборочно-сварочным оборудованием.

Для увеличения объёма производства предприятия и повышения пропускной способности цеха в целом, необходимо увеличивать объем автоматизации и механизации. Нужно закупать и внедрять на производстве новое и современное сборочно-сварочного оборудования. При установке высокоскоростного кранового оборудования, поможет максимально сократить продолжительность изготовления конструкций.

2.2 Общие требования по сварке

2.2.1 Сварочные материалы и подготовка их перед запуском в производство

«Сварочные материалы должны отвечать требованиям условий поставки 01-1874-62 [17], если эти требования предусмотрены техническими условиями на эти материалы, сварочные материалы должны иметь сертификаты и соответствовать требованиям стандарта» [17].

«Проверка сертификатных данных на соответствие стандартам или техническим условиям и приемка сварочных материалов, изготовленных на предприятии-потребителе или поступивших с других предприятий, должна быть произведена в установленном порядке и зарегистрирована за подписью

работника отдела технического контроля (ОТК), производившего проверку» [17].

«Сварочные материалы должны выдаваться цехам с документами (копии сертификатов), заверенными ОТК» [20].

«Электроды, проволоку и флюс рекомендуется хранить в сухих отапливаемых помещениях, рассортированными по партиям, маркам и диаметрам» [20].

«Применяемая для сварки CO_2 должна проверяться на точку росы. Точка росы CO_2 при сварке низколегированными материалами для стали марок АК-25, должна быть не выше минус $34\text{ }^\circ\text{C}$ » [19].

«Температура точки росы CO_2 достигается с помощью осушителя стандартного типа или конструкции предприятия-строителя.

В качестве влагопоглощающего реагента для очистки CO_2 от влаги при сварке необходимо использовать силикагель-индикатор по ГОСТ 8984 [18] или силикагель по ГОСТ 3956 [19] и др.» [19].

«Электроды, флюс и влагопоглощающие реагенты, отвечающие требованиям нормативной документации, перед использованием для сварки с целью удаления влаги необходимо прокалить» [20].

«Температура прокаливания для электродов марки 48Н-1 равна $480\pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, время выдержки составляет 3 часа. Срок годности при хранении:

- в электродной кладовой с температурой $\geq 17\text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха $\leq 50\%$ - 5 суток;
- в сушильном шкафу с температурой воздуха от 50 до $150\text{ }^\circ\text{C}$ – 10 суток;
- в герметичной таре – 45 суток.» [20].

«Низколегированные электроды, необходимо проверить на содержание свободно выделившегося водорода из металла контрольных образцов. Проверку на содержание водорода следует производить согласно РД5.90.2362–85» [20].

«Допустимое содержание водорода, полученное на контрольных образках, выполненных прокаленными сварочными материалами для электродов 48Н-1 – не более $2,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ » [20].

«Сварочная проволока перед намоткой в кассеты должна быть чистой. Обработку поверхности загрязнений сварочной проволоки следует производить способом по инструкции, указанной в РД 5.90.2513–87 [21]. Приемка очищенной сварочной проволоки должна производиться по эталонам отдела главного сварщика» [21].

«Очищенная сварочная проволока должна храниться в сухих отапливаемых помещениях бухтами или в кассетах. Каждая бухта должна иметь бирку с маркировкой по ГОСТ 2246 [22], а кассеты – этикетку с указанием марки, номера плавки и диаметра проволоки. Этикетка должна быть заверена ОТК» [21].

«Электроды, проволоку необходимо выдавать сварщику с этикеткой (биркой). На этикетках (бирках) должны быть указаны:

- марка электродов, проволоки;
- номер партии или плавки;
- дата проковки (а для низколегированных электродов – содержание водорода);
- срок годности в зависимости от способа хранения;
- дата выдачи» [20].

«Прокаленные электроды и проволоку сварщик должен получать в количестве, необходимом для работы в течение половины смены. Электроды и проволока, неиспользованные сварщиком в течение рабочего дня (при работе в цехе), вместе с этикеткой (биркой) должны сдаваться в кладовую» [17].

2.2.2 Основные требования по сварке данной марки стали

«При многослойной сварке начало и конец каждого слоя в блоке должны быть смещены относительно предыдущего слоя на величину от 20 до 30 мм. Не допускается стыковать блоки в местах пересечения швов, допустимое расстояние должно быть не менее 200 мм» [1].

«При смене электрода в процессе сварки и при окончании валика обрывать дугу следует только после тщательного заполнения кратера металлом. При необходимости продолжить сварку следует тщательно зачистить (зубилом и щеткой) место шва, где был произведен обрыв дуги, и только после этого снова возбуждать дугу. Незаваренные кратеры могут привести к образованию трещин» [1].

«После выполнения каждого валика и шва в целом необходимо производить тщательную зачистку металла шва и околошовной зоны с целью удаления шлака и металлических брызг. Зачистку следует выполнять зубилом и стальной щеткой» [1].

«Не допускается возбуждать сварочную дугу на поверхности металла вне зоны наложения шва и выводить кратер на эту поверхность» [1].

«В процессе производства сварки мастер отдела технического контроля и производственный мастер обязаны периодически в течение смены проверять правильность и пригодность марок применяемых сварочных материалов, режимов сварки, температуры подогрева свариваемых кромок» [1].

«При ручной дуговой сварке выполнение швов следует производить короткой дугой, валиками шириной не более двух диаметров электрода (с учетом толщины покрытия) – для нижнего, потолочного и горизонтального положения и не более трех диаметров электрода – для вертикального положения шва в пространстве» [1].

«Первые валики корневой части шва с одной и другой стороны необходимо выполнять усиленными. Размер валика по высоте сечения разделки должен быть в диапазоне от 6 до 8 мм включительно. При сварке по

методу «дуга в дугу» общая высота валика должна быть от 12 до 16 мм включительно. Высота сечения последующих валиков должна быть сравнительно небольшой – от 3 до 5 мм включительно» [1].

«Корень шва следует удалять механическим способом (вышлифовка наждачным кругом или борфрезой и др.)» [1].

«Механизированная сварка в защитном газе применяется при расположении швов во всех пространственных положениях. Сварка производится на постоянном токе при обратной полярности» [13].

«В качестве защитного газа при механизированной сварке проволокой ПП-СВП2, применяется смесь аргона и углекислого газа в соотношении 20% к 80%, соответственно» [13].

«Для надежной защиты расплавленного металла от атмосферного воздуха расход защитного газа при диаметре сопла от 20 до 22 мм при механизированной сварке низколегированными проволоками должен составлять 16–20 л/мин» [1].

«Вылет электрода (расстояние от конца электрода до токопроводящего наконечника) должен быть в диапазоне от 10 до 18 мм. При этом сопло должно выступать вперед на 2–3 мм по отношению к концу токопроводящего наконечника» [1].

«Корень шва следует выполнять проволокой той же марки, которой выполняется сварка, ручной электродуговой или аргонодуговой сваркой материалами соответствующего класса по методу «дуга в дугу», поочередно с каждой стороны с выполнением двух корневых валиков «вперевязку» с последующей подрубкой, зачисткой, вышлифовкой наждачным кругом или воздушно-дуговой строжкой с последующей зачисткой простроганной поверхности» [1].

«Корневой валик при механизированной сварке в защитных газах должен быть усиленным. Размер валика по высоте сечения должен быть от 6 до 8 мм» [1].

«Ширина валика при механизированной сварке должна быть: не более 16 мм включительно, при сварке проволокой 1,0 мм; до 18 мм при сварке проволокой 1,2 и 1,4 мм» [1].

2.2.3 Расчет режимов сварки

«Расчет режимов механизированной сварки в среде защитных газов №2 представлен в таблице 3» [23.]

Таблица 3 – Режимы механизированной сварки проволокой ПП-СВП2

Марка проволоки	Положение шва в пространстве	Номер валика	Сварочный ток, А	Напряжение, В	
ПП-СВП2	нижнее	1-й	160-190	22-24	
		2-й и последующие	190-220	24-25	
	вертикальное	1-й	160-180	22-24	
		2-й и последующие	170-200	23-24	
	потолочное	1-й и последующие		180-210	24-25

«Расчет режимов ручной сварки представлен в таблице 4» [23.]

Таблица 4–Режимы ручной дуговой сварки электродами марки 48Н-1

Положение в пространстве	Диаметр электрода, мм		
	3	4	5
	Сварочный ток, А		
Нижнее	100-120	160-210	220-280
Вертикальное, Горизонтальное, Потолочное	90-120	120-160	160-200

2.2.4 Расчет сварочных деформаций

«Определяем продольные деформации при сварке узлов 3, 4 (поперечное сечение балки представлено на рисунке 3)» [22].

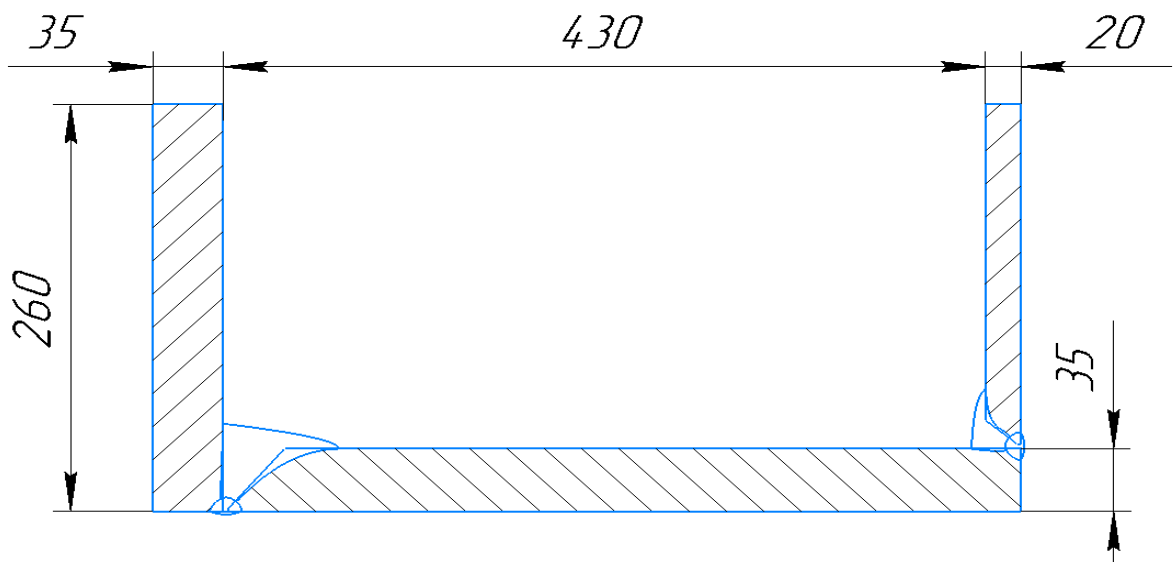


Рисунок 3 – Поперечное сечение балки

«Определяем геометрические характеристики сечения балки.

Площадь сечения вычисляется по формуле:» [22]

$$F = \sum_k^n f_k, (1)$$

«где $\sum_k^n f_k$ - сумма площадей отдельных частей, мм²» [22];

«Балка состоит из трех частей, площади которых будут равны» [22]:

$$f_1 = 4 \cdot 26 = 104 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$$f_2 = 4 \cdot 45 = 180 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$$f_3 = 2 \cdot 22 = 44 \text{ (мм}^2\text{)},$$

$$F = 104 + 180 + 44 = 328 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$z_{y.m.} = \frac{\sum_{k=1}^n f_k \cdot z_k}{\sum_{k=1}^n f_k}, (2)$$

«где z_k - расстояние от оси сравнения до центра тяжести каждой части балки» [22];

«Найдем расстояния от оси сравнения до центра тяжести каждой части балки» [22]:

$$f_1 = \frac{26}{2} = 13 \text{ (см)},$$

$$f_2 = \frac{4}{2} = 2 \text{ (см)},$$

$$f_3 = \frac{22}{2} + 4 = 15 \text{ (см)}.$$

$$z_{ц.м.} = \frac{104 \cdot 13 + 180 \cdot 2 + 44 \cdot 15}{328} = 7,23 \text{ см}.$$

«Также найдем расстояние от оси сравнения до центра тяжести фигуры (деталь 1 + деталь 2)» [22]:

$$z_{ц.м.12} = \frac{104 \cdot 13 + 180 \cdot 2}{284} = 6,03 \text{ (см)}.$$

«Найдем момент инерции относительно нейтральной оси $J_Y, \text{см}^4$, по формуле» [22]:

$$J_Y = \sum_{k=1}^n f_k \cdot z_k^2 + \sum_{k=1}^n i_k - \left(\sum_{k=1}^n f_k \right) \cdot z_{ц.м.}^2, \quad (3)$$

«где i_k - момент инерции каждой части балки, см^4 » [22];

$$i_k = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (4)$$

«где b и h – ширина и высота частей балки, см » [22];

«Найдем моменты инерции каждой части» [22]:

$$i_1 = \frac{4 \cdot 26^3}{12} = 5858,7 \text{ (см}^4\text{)},$$

$$i_2 = \frac{45 \cdot 4^3}{12} = 240 \text{ (см}^4\text{)},$$

$$i_3 = \frac{2 \cdot 22^3}{12} = 1774,7 \text{ (см}^4\text{)}.$$

«Тогда момент инерции сечения балки будет равен» [22]:

$$J_Y = 104 \cdot 13^2 + 180 \cdot 2^2 + 44 \cdot 15^2 + 5858,7 + 240 + 1774,7 - (104 + 180 + 44) \cdot 7,23^2 = 18920 \text{ (см}^4\text{)}.$$

«Сварку будем производить в два технологических этапа: приварка детали 1 к детали 2, и последующая приварка детали 3» [9].

«Поэтому найдем момент инерции для сечения деталей 1 и 2» [22]:

$$J_{y12} = 104 \cdot 13^2 + 180 \cdot 2^2 + 5858,7 + 240 - (104 + 180) \cdot 6,03^2 = 14068 \text{ (см}^4\text{)}.$$

«Режимы сварки - $I_{cs} = 200$, $U = 24$ В, $v_{cs} = 20$ м/ч» [11].

«Тогда по формуле (А.4) найдем погонную энергию» [22]:

$$q_n = \frac{36 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 0,75}{20} = 6480 \text{ (Дж/см}^2\text{)}.$$

«Расчитаем погонный объем продольного укорочения от первого шва v_{np1} , см³, по формуле» [22]:

$$v_{np1} = K_m \cdot v_{\max} = K_m \cdot (-0,335 \cdot \frac{\alpha}{c\rho} \cdot q_n \cdot K_{\chi\delta} \cdot K_{\Omega}), (5)$$

«где K_m - коэффициент многопроходности» [22];

« v_{\max} - погонный объем продольного укорочения от одного прохода, имеющего максимальную погонную энергию, см³» [22];

« $\frac{\alpha}{c\rho}$ - коэффициент температурной деформации, для стали АК-25 равен $12,5 \cdot 10^{-6}$ см/кал» [22];

« $K_{\chi\delta}$ - коэффициент, одновременно учитывающий толщину свариваемых элементов и интенсивность теплоотдачи, для многопроходной сварки больших толщин можно принять равным 0,76» [22];

« K_{Ω} - коэффициент, учитывающий влияние податливости конструкции на погонный объем продольного укорочения сварного соединения, для многопроходной сварки больших толщин можно принять равным 1» [22].

«Коэффициент многопроходности находится по формуле: » [22]

$$K_m = 1 + 8 \cdot \frac{\varepsilon_s \cdot m}{\frac{\alpha}{c\rho} \cdot \theta}, (6)$$

«где m - количество проходов» [22];

« ε_s - относительная деформация, для стали АК-25 равна $30 \cdot 10^{-4}$; » [22]

« θ - коэффициент нагрева (коэффициент пропорциональности между погонной энергией и площадью поперечного сечения наплавленного металла), при полуавтоматической сварке равен 9000 кал/см^3 » [22];

«Найдем количество проходов m_1 для первого шва по формуле» [22]:

$$m_1 = \frac{F_{\text{шва}1}}{F_{\text{прохода}1}}, (7)$$

«где $F_{\text{шва}1}$ - площадь всего шва, равна $15,86 \text{ см}^2$ » [22];

« $F_{\text{прохода}1}$ - площадь одного прохода, равна $0,33 \text{ см}^2$ » [22];

$$m_1 = \frac{15,86}{0,33} = 48.$$

«Тогда коэффициент многопроходности первого шва будет равен:» [22]

$$K_{m1} = 1 + 8 \cdot \frac{0,003 \cdot 48}{12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 9000} = 11,24.$$

«По формуле находим погонный объем продольного укорочения» [22]:

$$C_{\text{св.м}} = \sum_i C_{\text{св.м}}^i, (8)$$

$$\nu_{np1} = 11,24 \cdot (-0,335) \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{6480}{4} \cdot 0,76 \cdot 1 = -0,058 \text{ см}^3.$$

«Остаточный объем продольного укорочения всего сварного соединения находится по формуле» [22]:

$$\Delta V = \nu_{np} \cdot L_{\text{ш}}, (9)$$

где $L_{\text{ш}}$ - длина всего шва, см;

Тогда

$$\Delta V_1 = -0,058 \cdot 1072 = -62,12 \text{ см}^3.$$

$$m_2 = \frac{5,92}{0,33} = 18;$$

$$K_{m2} = 1 + 8 \cdot \frac{0,003 \cdot 18}{12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 9000} = 4,84;$$

$$\nu_{np2} = 4,84 \cdot (-0,335) \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{6480}{4} \cdot 0,76 \cdot 1 = -0,025 \text{ см}^3;$$

$$\Delta V_2 = -0,025 \cdot 1072 = -26,75 \text{ см}^3;$$

«Далее находим укорочение по центральной оси ΔL_{01} , см, по формуле»

[22]:

$$\Delta L_{01} = \frac{1}{F_1} \cdot \Delta V_1, (10)$$

«где F_1 - площадь поперечного сечения 1 и 2 детали» [22];

$$\Delta L_{01} = \frac{1}{284} \cdot (-62,12) = -0,22 \text{ см.}$$

«Угол поворота одного конца балки относительно другого φ_{Y1} , вычисляется по формуле» [22]:

$$\varphi_{Y1} = \frac{1}{J_{Y12}} \cdot \Delta V_1 \cdot z_{y.m.12}, (11)$$

$$\varphi_{Y1} = \frac{1}{14068} \cdot (-62,12) \cdot 6,03 = -0,027.$$

«Стрелка прогиба $f_{z1} \left(\frac{L}{2} \right)$, см вычисляется по формуле» [22]:

$$f_{z1} \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{\varphi_{Y1} \cdot L}{8}, (12)$$

$$f_{z1} \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{-0,027 \cdot 1072}{8} = -3,56 \text{ см.}$$

$$\Delta L_{02} = \frac{1}{328} \cdot (-26,75) = -0,081 \text{ см;}$$

$$\varphi_{Y2} = \frac{1}{18920} \cdot (-26,75) \cdot 7,23 = -0,01;$$

$$f_{z2} \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{-0,01 \cdot 1072}{8} = -1,34 \text{ см.}$$

«Далее просуммируем деформации, полученные на технологических этапах» [22]:

$$\Delta L_0 = -0,22 - 0,081 = -0,301 \text{ см;}$$

$$\varphi_y = -0,027 - 0,01 = -0,037;$$

$$f_z \left(\frac{L}{2} \right) = -3,56 - 1,34 = -4,9 \text{ см.}$$

«Определим поперечные деформации» [22].

«Полное поперечное укорочение сварного соединения при многопроходной сварке W см³, определяется по формуле» [22]:

$$W = \sum W_i, (13)$$

«где W_i - поперечное укорочение сварного соединения от i -го прохода» [22];

«Найдем остаточные поперечные деформации от каждого прохода, по формуле» [22]:

$$W_i = \frac{w_i}{\delta_i}, (14)$$

«где w_i - погонный объем поперечного укорочения от выполнения i -го прохода» [22];

«Вычислим погонный объем поперечного укорочения по формуле» [22]:

$$w_i = \xi_i \cdot q_{mi}, (15)$$

«где ξ_i - коэффициент пропорциональности между энергией нагрева свариваемых элементов и объемов поперечного укорочения сварного соединения, см³/кал» [22];

« q_{mi} - приведенная погонная энергия, Дж/см» [22];

«Приведенная погонная энергия определяется по формуле:

$$q_{mi} = K_{ni} \cdot q_n, (16)$$

«где K_{ni} - коэффициент, определяемый по экспериментальным данным» [22].

«Сварка 1 и 2 детали осуществляется за 65 проходов, и поэтому чтобы не производить расчет q_{mi} отдельно для каждого прохода, выделим однотипные валики: группа 1 – первый проход, где $K_n = 0,5$; группа 2 – валики, расположенные у кромок разделки (23 прохода), $K_n = 0,75$, группа 3 – все остальные валики (24 прохода), $K_n = 1$ » [9].

«Тогда для каждой группы» [22]:

$$q_{m1} = 0,5 \cdot 6480 = 3240 \text{ Дж/см};$$

$$q_{m2} = 0,75 \cdot 6480 = 4860 \text{ Дж/см};$$

$$q_{m3} = 1 \cdot 6480 = 6480 \text{ Дж/см}.$$

«Найдем коэффициент пропорциональности по формуле» [22]:

$$\xi_i = \frac{\alpha}{c\rho} \cdot (0,225 + 0,745K_\delta (0,04 + 0,96 \cdot K_{жс} \cdot K_v) \cdot (1 + K_\mu \cdot K_\delta) \cdot (1 + K_c(1 - K_\delta))) \cdot K_\sigma$$

«где K_δ - коэффициент, учитывающий влияние толщины свариваемых элементов» [22];

« $K_{жс}$ - коэффициент, учитывающий влияние закрепления против поперечного укорочения ребрами жесткости» [22];

« K_v - коэффициент, учитывающий влияние скорости сварки» [22];

« K_μ - коэффициент, учитывающий влияние продольных пластических деформаций» [22];

« K_c - коэффициент, учитывающий влияние закрепления против поперечного изгиба» [22];

« K_σ - коэффициент, учитывающий влияние предварительных деформаций» [22].

«Коэффициент, учитывающий влияние толщины свариваемых элементов зависит от удельной погонной энергии, найдем ее по формуле» [22]:

$$\frac{q_{mi}}{\delta_{i-1}^2}, (17)$$

«где δ_{i-1} - толщина в районе горения дуги, см» [22];

$$\frac{q_{m1}}{\delta_{1-1}^2} = \frac{3240}{0,5^2} = 12960 \text{ Дж/см};$$

«Тогда $K_{\delta 1} = 0,1$ » [22].

«При наплавке валиков второй группы толщина рабочего сечения увеличивается будет увеличиваться постепенно» [22]:

«После наплавки 1 прохода, $\delta_{2-1} = 1$ см» [22].

$$\frac{q_{m2}}{\delta_{2-1}^2} = \frac{4860}{1^2} = 4860 \text{ Дж/см};$$

Тогда $K_{\delta 2} = 0,03$.

«После наплавки 11 проходов, $\delta_{3-1} = 2 \text{ см}$ » [22].

$$\frac{q_{m2}}{\delta_{3-1}^2} = \frac{4860}{2^2} = 1215 \text{ Дж/см};$$

«Тогда $K_{\delta 2} = 0,015$ » [22].

«После наплавки 12 валиков, $\delta_{4-1} = 2,8 \text{ см}$ » [22].

$$\frac{q_{m3}}{\delta_{4-1}^2} = \frac{6480}{2,8^2} = 826 \text{ Дж/см};$$

«Тогда $K_{\delta 4} = 0,005$ » [22].

«Очевидно, что K_{δ} будет равен нулю также при наплавке следующих валиков третьей группы, так как толщина рабочего сечения постепенно увеличится до 5,5 см» [22].

«Коэффициент, учитывающий влияние закрепления против поперечного укорочения $K_{ж} = 1$ так как нет ребер жесткости» [22].

«Коэффициент, учитывающий влияние скорости сварки на поперечное укорочения, зависит от $\frac{v_{св}}{a}$, где a – коэффициент температуропроводности, см²/с. Для стали АК-25 коэффициент равен 0,05. Если $\frac{v_{св}}{a} > 1$, то влияние на поперечное укорочение можно не учитывать. $\frac{v_{св}}{a} = \frac{0,055}{0,05} = 1,1 > 1$, $K_v = 1$ » [22].

«Коэффициент, учитывающий влияние продольных деформаций для стали АК-25, равен $K_{\mu} = 0,05$ » [22].

«Коэффициент, учитывающий влияние закрепления против поперечного укорочения равен $K_c = 0,8$ » [22].

«При наплавке первых четырех валиков K_{σ} остается постоянным и равным единице, далее он постепенно уменьшается, стремясь к нулю, и, приблизительно после наплавки 20 валика, становится равным нулю» [22].

«Поэтому будем производить учет влияния на изменение погонного объема укорочения только для первых 20 проходов» [22].

$$K_{\sigma_{1,2,3,4}} = 1; \quad K_{\sigma_5} = 0,95; \quad K_{\sigma_6} = 0,85; \quad K_{\sigma_7} = 0,78; \quad K_{\sigma_8} = 0,66; \quad K_{\sigma_9} = 0,57; \\ K_{\sigma_{10}} = 0,47; \quad K_{\sigma_{11}} = 0,39; \quad K_{\sigma_{12}} = 0,31; \quad K_{\sigma_{13}} = 0,24; \quad K_{\sigma_{14}} = 0,2; \quad K_{\sigma_{15}} = 0,15; \quad K_{\sigma_{16}} = 0,11 \\ ; \quad K_{\sigma_{16}} = 0,11; \quad K_{\sigma_{17}} = 0,08; \quad K_{\sigma_{18}} = 0,03; \quad K_{\sigma_{19}} = 0,02; \quad K_{\sigma_{20}} = 0,01.$$

«Тогда по формуле (Б.13) вычислим поперечные пластические деформации от наплавки каждого из 20 проходов» [22]:

$$W_1 = 0,01 \text{ см}; \quad W_2 = 0,007 \text{ см}; \quad W_3 = 0,007 \text{ см}; \quad W_4 = 0,007 \text{ см}; \quad W_5 = 0,005 \text{ см}; \\ W_6 = 0,004 \text{ см}; \quad W_7 = 0,003 \text{ см}; \quad W_8 = 0,0026 \text{ см}; \quad W_9 = 0,0022 \text{ см}; \quad W_{10} = 0,0018 \text{ см}; \\ W_{11} = 0,0015 \text{ см}; \quad W_{12} = 0,0007 \text{ см}; \quad W_{13} = 0,0006 \text{ см}; \quad W_{14} = 0,0005 \text{ см}; \quad W_{15} = 0,0004 \\ \text{см};$$

«Очевидно, что поперечные укорочения последующих проходов будут стремиться к нулю, тогда полное укорочение шва будет равно» [22]:

$$W = \sum W_i = 0,0533 \text{ см};$$

«Приварка 3 детали осуществляется за 18 проходов, аналогично рассчитаем поперечные укорочения от приварки 3 детали» [22].

«Выделим однотипные валики: группа 1 – первый проход, где $K_n = 0,5$; группа 2 – валики, расположенные у кромок разделки (7 проходов), $K_n = 0,75$, группа 3 – все остальные валики (10 проходов), $K_n = 1$ » [22].

$$q_{nn1} = 0,5 \cdot 6480 = 3240 \text{ Дж/см};$$

$$q_{nn2} = 0,75 \cdot 6480 = 4860 \text{ Дж/см};$$

$$q_{nn3} = 1 \cdot 6480 = 6480 \text{ Дж/см}.$$

«Коэффициент, учитывающие влияние толщины свариваемых элементов для каждой из групп равны: $K_{\delta_1} = 0,1$; $K_{\delta_2} = 0,04$; $K_{\delta_3} = 0,03$ коэффициент, учитывающий влияние предварительных деформаций для каждого из валиков, будет равен» [22]:

$K_{\sigma_{1,2,3,4}} = 1$; $K_{\sigma_5} = 0,95$; $K_{\sigma_6} = 0,85$; $K_{\sigma_7} = 0,78$; $K_{\sigma_8} = 0,66$; $K_{\sigma_9} = 0,57$;
 $K_{\sigma_{10}} = 0,47$; $K_{\sigma_{11}} = 0,39$; $K_{\sigma_{12}} = 0,31$; $K_{\sigma_{13}} = 0,24$; $K_{\sigma_{14}} = 0,2$; $K_{\sigma_{15}} = 0,15$; $K_{\sigma_{16}} = 0,11$
; $K_{\sigma_{16}} = 0,11$; $K_{\sigma_{17}} = 0,08$; $K_{\sigma_{18}} = 0,03$.

«Тогда по формуле (13) рассчитаем поперечные укорочения сварного соединения от выполнения 18 проходов» [22]:

$W_1 = 0,01$ см; $W_2 = 0,0042$ см; $W_3 = 0,0042$ см; $W_4 = 0,0042$ см; $W_5 = 0,004$
см; $W_6 = 0,0035$ см; $W_7 = 0,0033$ см; $W_8 = 0,0027$ см; $W_9 = 0,0022$ см; $W_{10} = 0,0018$
см; $W_{11} = 0,0015$ см; $W_{12} = 0,0007$ см; $W_{13} = 0,0006$ см; $W_{14} = 0,0005$ см;
 $W_{15} = 0,0004$ см;

«Очевидно, что поперечные укорочения последующих проходов будут стремиться к нулю, тогда полное укорочение шва будет равно» [22]:

$$W = \sum W_i = 0,0438 \text{ см};$$

«Угловые деформации определим по формуле» [22]:

$$\beta_i = 12 \cdot \frac{W_i}{\delta_i} \cdot \frac{z_i}{\delta_i}, (18)$$

«где z_i - расстояние между центром тяжести величины w_i и серединой рабочего сечения шва» [22].

«Сечение шва представлено на рисунке 4» [22]:

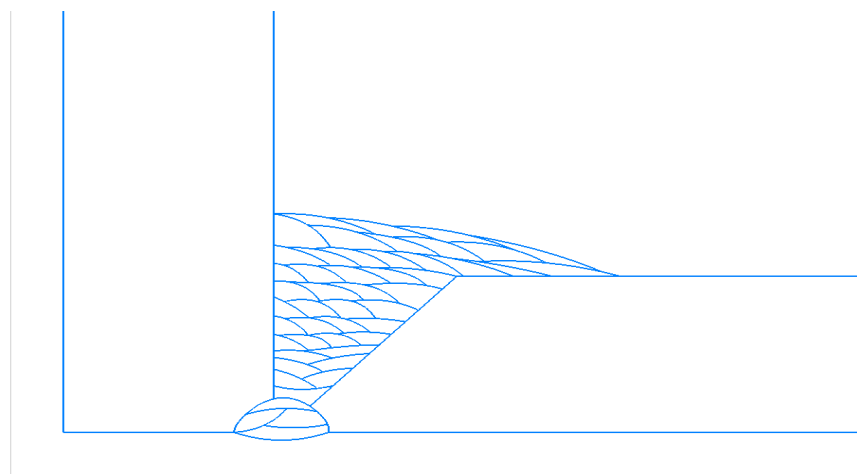


Рисунок 4 – Сечение шва

«Вычислим угловые деформации от каждого прохода» [22]:

$$\beta_1 = 12 \cdot \frac{0,01}{0,5} \cdot \frac{0}{0,5} = 0 \text{ рад}; \beta_2 = 12 \cdot \frac{0,007}{1,3} \cdot \frac{0,2}{1,3} = 0,006 \text{ рад};$$

$$\beta_3 = 12 \cdot \frac{0,007}{1,4} \cdot \frac{0,2}{1,4} = 0,04 \text{ рад}; \beta_4 = 12 \cdot \frac{0,007}{1,6} \cdot \frac{0,5}{1,6} = 0,02 \text{ рад};$$

$$\beta_5 = 12 \cdot \frac{0,005}{1,7} \cdot \frac{0,5}{1,7} = 0,01 \text{ рад}; \beta_6 = 12 \cdot \frac{0,004}{1,8} \cdot \frac{0,5}{1,8} = 0,007 \text{ рад};$$

$$\beta_7 = 12 \cdot \frac{0,003}{1,9} \cdot \frac{0,6}{1,9} = 0,006 \text{ рад}; \beta_8 = 12 \cdot \frac{0,0026}{2,1} \cdot \frac{0,6}{2,1} = 0,0042 \text{ рад};$$

$$\beta_9 = 12 \cdot \frac{0,0018}{2,2} \cdot \frac{0,6}{2,2} = 0,0027 \text{ рад}; \beta_{10} = 12 \cdot \frac{0,0015}{2,2} \cdot \frac{0,6}{2,2} = 0,0022 \text{ рад};$$

$$\beta_{11} = 12 \cdot \frac{0,0007}{2,5} \cdot \frac{0,8}{2,5} = 0,001 \text{ рад}; \beta_{12} = 12 \cdot \frac{0,0006}{2,5} \cdot \frac{0,8}{2,5} = 0,0009 \text{ рад};$$

$$\beta_{13} = 12 \cdot \frac{0,0005}{2,5} \cdot \frac{0,8}{2,5} = 0,0007 \text{ рад}; \beta_{14} = 12 \cdot \frac{0,0004}{2,5} \cdot \frac{0,8}{2,5} = 0,0006 \text{ рад}.$$

«Очевидно, что угловые деформации от сварки следующих проходов будут стремиться к нулю» [22].

«Вычислим угловые деформации от 4 валиков подварного шва.

Поперечные укорочения от сварки данных валиков будут равны» [22]:

$$W_1 = 0,0018 \text{ см}; W_2 = 0,0014 \text{ см}; W_3 = 0,0013 \text{ см}; W_4 = 0,0011 \text{ см}$$

$$\beta_{1'} = 12 \cdot \frac{0,001}{2,1} \cdot \frac{-1,2}{2,1} = -0,0049 \text{ рад}; \beta_{2'} = 12 \cdot \frac{0,0014}{2,4} \cdot \frac{-1,6}{2,4} = -0,0046 \text{ рад};$$

$$\beta_{3'} = 12 \cdot \frac{0,0013}{2,4} \cdot \frac{-1,6}{2,4} = -0,0043 \text{ рад}; \beta_{4'} = 12 \cdot \frac{0,0011}{2,8} \cdot \frac{-1,8}{2,8} = -0,003 \text{ рад};$$

«Полная угловая деформация от приварки первой детали ко второй будет равна» [22]:

$$\beta_{12} = \sum \beta_i = 7,56^\circ.$$

«Аналогично вычислим угловые деформации от приварки третьей детали» [22].

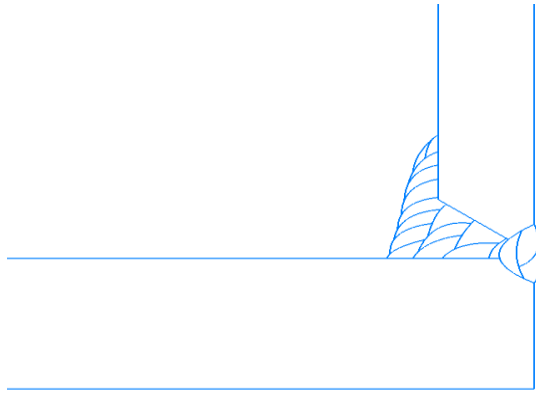


Рисунок 5 – Эскиз соединения

$$\beta_1 = 12 \cdot \frac{0,01}{0,4} \cdot \frac{0}{0,4} = 0 \text{ рад}; \quad \beta_2 = 12 \cdot \frac{0,0042}{0,7} \cdot \frac{0,2}{0,7} = 0,02 \text{ рад};$$

$$\beta_3 = 12 \cdot \frac{0,0042}{1,4} \cdot \frac{0,2}{1,4} = 0,015 \text{ рад}; \quad \beta_4 = 12 \cdot \frac{0,0042}{1,6} \cdot \frac{0,5}{1,6} = 0,01 \text{ рад};$$

$$\beta_5 = 12 \cdot \frac{0,004}{1,6} \cdot \frac{0,5}{1,6} = 0,0094 \text{ рад}; \quad \beta_6 = 12 \cdot \frac{0,0035}{1,5} \cdot \frac{0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ рад};$$

$$\beta_7 = 12 \cdot \frac{0,0033}{2} \cdot \frac{0,7}{2} = 0,007 \text{ рад}; \quad \beta_8 = 12 \cdot \frac{0,0027}{2} \cdot \frac{0,7}{2} = 0,0057 \text{ рад};$$

$$\beta_9 = 12 \cdot \frac{0,0018}{2,6} \cdot \frac{1}{2,6} = 0,0032 \text{ рад}; \quad \beta_{10} = 12 \cdot \frac{0,0015}{2,5} \cdot \frac{0,95}{2,5} = 0,0027 \text{ рад};$$

$$\beta_{11} = 12 \cdot \frac{0,0007}{2,5} \cdot \frac{0,8}{2,5} = 0,001 \text{ рад}; \quad \beta_{12} = 12 \cdot \frac{0,0006}{2,4} \cdot \frac{0,7}{2,4} = 0,0009 \text{ рад};$$

$$\beta_{13} = 12 \cdot \frac{0,0005}{2,3} \cdot \frac{0,7}{2,3} = 0,0008 \text{ рад}; \quad \beta_{14} = 12 \cdot \frac{0,0004}{2,3} \cdot \frac{0,6}{2,3} = 0,0005 \text{ рад}.$$

«Очевидно, что угловые деформации от сварки следующих проходов будут стремиться к нулю» [22].

«Вычислим угловые деформации от 4 валиков подварного шва.

Поперечные укорочения от сварки данных валиков будут равны» [22]:

$$W_1 = 0,0017 \text{ см}; \quad W_2 = 0,0014 \text{ см}; \quad W_3 = 0,0013 \text{ см}; \quad W_4 = 0,0011 \text{ см}$$

$$\beta_1 = 12 \cdot \frac{0,001}{2,2} \cdot \frac{-1,2}{2,2} = -0,0048 \text{ рад}; \quad \beta_2 = 12 \cdot \frac{0,0014}{2,6} \cdot \frac{-1,7}{2,6} = -0,0042 \text{ рад};$$

$$\beta_3 = 12 \cdot \frac{0,0013}{2,6} \cdot \frac{-1,7}{2,6} = -0,0039 \text{ рад}; \quad \beta_4 = 12 \cdot \frac{0,0011}{3} \cdot \frac{-1,8}{3} = -0,0026 \text{ рад};$$

«Полная угловая деформация от приварки третьей детали ко второй будет равна» [22]:

$$\beta_{32} = \sum \beta_i = 3,84^\circ.$$

«Аналогично рассчитаем деформации при ручной дуговой сварке электродами марки 48Н-1 диаметром 5 мм» [22].

Таблица 5 – Результаты расчетов сварочных деформаций

Виды деформаций		Продольные деформации					Поперечные деформации		
		$v_{np},$ см ³	$\Delta V,$ см ⁴	$\Delta L_0,$ см	$\varphi_Y, ^\circ$	$f_z \left(\frac{L}{2} \right),$ см	$\Delta W,$ см	$\beta, ^\circ$	$W,$ см ³
Ручная дуговая сварка	1 и 2	-0,068	-66,15	-0,29	1,83	-4,29	0,24	10,26	1029
	3 и 2	-0,028	-30,5	-0,09	0,69	-1,61	0,17	8,82	364,4
	Σ	-	-	-0,38	2,52	-5,9	-	-	-
Механизированная сварка в среде защитных газов	1 и 2	-0,058	-62,12	-0,22	1,55	-3,56	0,13	7,56	557
	3 и 2	-0,025	-26,75	-0,081	0,57	-1,34	0,09	3,84	193
	Σ	-	-	-0,301	2,12	-4,9	-	-	-

«Полученные результаты занесли в таблицу 5» [22].

2.3 Технологическая последовательность изготовления узлов, секций. узлы сварки. мероприятия по снижению деформаций

2.3.1 Технологическая последовательность изготовления узлов, подсекций

«Изготавливаем узлы на стенде, далее производим сборку подсекции на стоечной постели. Для этого необходимо подготовить стенд, сделать

разбивку подсекции на стенде. При выполнении разбивки необходимо сделать нарастание на каждое соединение по 1,0 мм под усадку от сварки» [2].

«Уложить узлы на стоечную постель. Раскрепить к стойкам с помощью планок 10×30×60 мм. Приварить катетом 6 мм. Узлы между собой установить на прихватки по вертикальным стенкам набора» [16].

«Проверить конструкцию по разбивке на стенде, проверить наличие увеличения размеров конструкции для усадки, проверить негоризонтальность подсекции, допуск 2,0 мм. Доработать узлы с соблюдением габаритных размеров рамы и с учетом усадки сварных швов» [2].

«Выполнить обмеры неплоскостности подсекции, допуск 2,0 мм. Проверить габаритные размеры конструкции – длину, ширину, допуск ±2,0 мм, диагонали, допуск ±3,0 мм» [2].

«Заполнить таблицы обмеров, разработанные ТО цеха. Обмеры предъявить производственному мастеру и мастеру БУКП. При отклонениях, не превышающих допуск, продолжить работу. При отклонениях, превышающих допуск, направить результаты обмеров в ТО цеха на оформление заключения о продолжении работ. ТО цеха оформить заключение, согласовать с НТУ» [2].

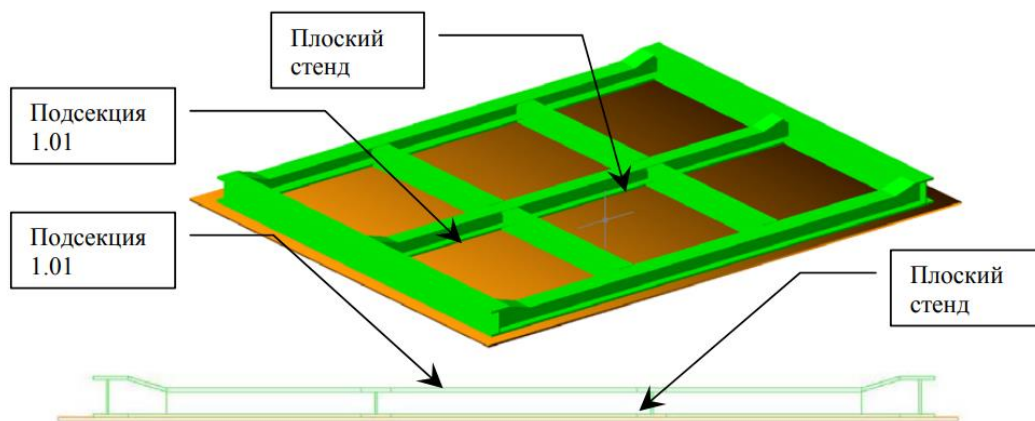


Рисунок 6 – Схема перекантованной секции

«Выполнить сварку подсекции по узлу №5, №7 (вертикальный набор)» [10].

«Выполнить обмеры неплоскостности, допуск 3,0 мм. Проверить габаритные размеры конструкции – длину, ширину, допуск $\pm 3,0$ мм, диагонали, допуск $\pm 4,0$ мм» [10].

«Заполнить таблицы обмеров, разработанные ТО цеха. Обмеры предъявить производственному мастеру и мастеру БУКП. При отклонениях, не превышающих допуск, продолжить работу. При отклонениях, превышающих допуск, направить результаты обмеров в ТО цеха на оформление заключения о продолжении работ. ТО цеха оформить заключение, согласовать с НТУ» [2].

«Выполнить сварку по узлам №5, №1 с наружной стороны» [10].

«Установить обуха согласно требованиям чертежа. Демонтаж обухов для кантовки и транспортировки подсекций выполнить после установки подсекции в секцию» [16].

«Удалить временные крепления. Выполнить кантовку подсекции согласно требованиям чертежа. Уложить подсекцию на стоечную постель, раскрепить» [16].

«Выполнить сварку по узлам №6, №5, №1 с обратной стороны» [10].

«Установить и приварить детали россыпи поз. 39/4; 40/4; 41/4; 42/4; 43/4; 44/4; 45/4; 46/4; 47/4; 48/4; 49/14 по узлам №3, №7, №8» [10].

«Отрезать подсекцию от стоечной постели, установить на тумбы из наличия цеха. Зачистить места приварки временных креплений» [2].

«Выполнить обмеры неплоскостности, допуск 3,0 мм. Проверить габаритные размеры конструкции – длину, ширину, допуск $\pm 3,0$ мм, диагонали, допуск $\pm 4,0$ мм» [14].

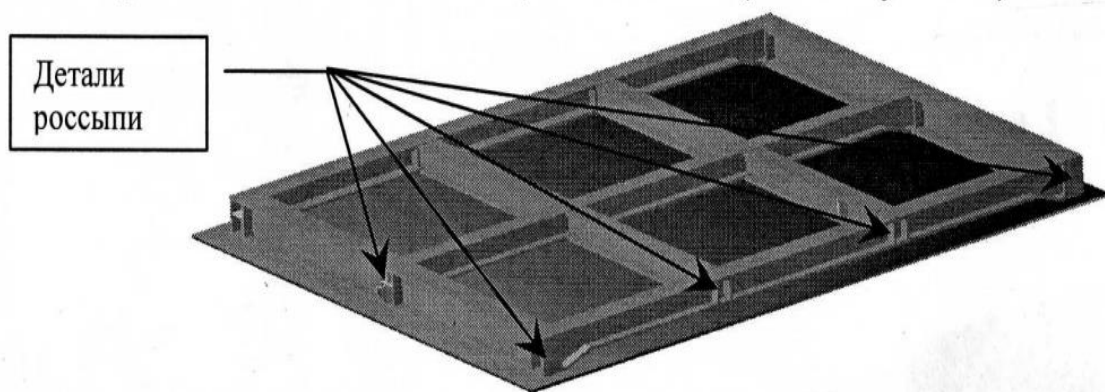


Рисунок 7 – Установка деталей россыпи

«Заполнить таблицы обмеров, разработанные ТО цеха. Обмеры предъявить производственному мастеру и мастеру БУКП. При отклонениях, не превышающих допуск, продолжить работу. При отклонениях, превышающих допуск, направить результаты обмеров в ТО цеха на оформление заключения о продолжении работ. ТО цеха оформить заключение, согласовать с НТУ» [14].

«Выполнить контроль сварных швов согласно требованиям чертежа» [2].

«Известно, что сборка любой секции выполняется в два этапа:

- сборка и сварка узлов;
- сборка и сварка секции в объем» [10].

«Узел – технологически законченная часть корпусной конструкции, состоящая из нескольких деталей и получаемая в результате сборочных операций» [10].

Исходя из принципов групповой технологии, узлы, встречающиеся в составе корпуса судна, делят на следующие типовые группы:

- полотнища;
- тавровые и Г-образные балки;
- короткие тавры, brackets и кницы с приварными поясками;
- широкие полосы с ребрами жесткости и поясками;

- небольшие объемные узлы (фундаменты, коробки и пр.).

Разработка данного вопроса выполняется на основании рабочего (сборочного) чертежа секции.

«Рекомендуемая последовательность работы:

- Изучить чертеж секции и спецификацию.
- Ориентируясь на классификацию узлов, выделить предварительно собираемые узлы» [10].
- Выбрать «детали россыпи» - детали (и узлы), подаваемые на ступельную сборку, т.е. не устанавливаемые в секцию. Это, как правило, соединительные детали (кницы, бракетты, ребра жесткости), расположенные в районе монтажных соединений секции.

2.3.2 Узлы сварки

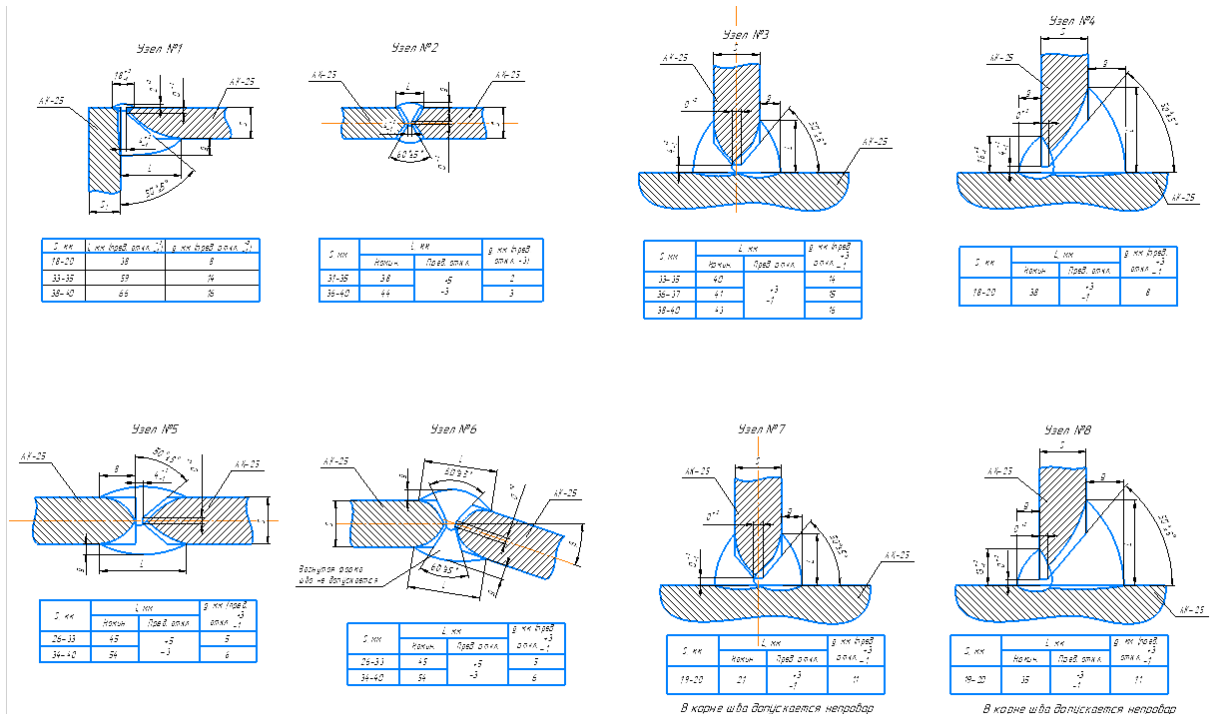


Рисунок 8 – Узлы сварки

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, и размеры устанавливаются соответствующими Основными Положениями по сварке этих сталей, а на их основе - чертежами и специальными Альбомами типовых сварных соединений (конструкций).

2.3.3 Мероприятия по снижению деформаций

«Напряжением называют силу, отнесенную к единице площади поперечного сечения тела. В зависимости от характера приложенных сил различают напряжения растяжения, сжатия, изгиба, кручения и среза» [24].

«Деформацией называется изменение размеров и формы тела под действием приложенных к нему сил» [24].

«Деформации могут быть упругие и пластические» [24]. «Если размеры и форма тела восстанавливаются после прекращения действия усилия, то такая деформация является упругой» [24]. «Упругая деформация связана с изменением межатомных расстояний в теле при приложении нагрузки» [24]. «Пластическая, или остаточная, деформация – деформация, остающаяся после снятия нагрузки» [24]. «Пластическая деформация связана со сдвигом кристаллитов по отношению друг к другу» [24].

«Остаточные напряжения при сварке возникают в результате появления термопластических деформаций, которые образуются от неравномерного распределения температуры в изделии. Такие деформации бывают упругие и упруго-пластические» [24].

«Остаточные напряжения в зависимости от объема тела, в пределах которого они уравновешены, классифицируются следующим образом» [24].

«Остаточные напряжения первого рода уравниваются в крупных объемах, соизмеримых с размерами изделия или его частей, и обладают определенной ориентацией в зависимости от формы изделия. Эти напряжения определяют расчетом, исходя из теории упругости и пластичности, а также экспериментально» [24].

«Остаточные напряжения второго рода уравниваются в пределах микрообъемов тела, т.е. в пределах одного или нескольких зерен металла.

Эти напряжения не имеют определенной направленности и не зависят от формы изделий. Находят эти напряжения опытным путем» [24].

«Остаточные напряжения третьего рода уравниваются в мельчайших объемах – в пределах атомной решетки. Они также не имеют определенной направленности и определяются экспериментально по степени изменения интенсивности линий на рентгенограммах» [24].

«Деформации, которые изменяют размеры всего изделия, искажают его геометрические оси, называют общими, деформации, относящиеся к отдельным элементам изделия в виде выпучин, волнистости и других местных искажений, называются местными» [24].

«Существующие механические напряжения могут значительно изменить магнитные свойства ферромагнитных материалов» [24]. «Это связано с тем, что при наличии напряжений деформируется кристаллическая решетка металла, и атомы смещаются из своего нормального положения» [24]. «Вследствие этого меняется характер магнитных полей в кристалле. На кристаллографическую анизотропию накладывается магнитоупругая, вызванная дополнительным воздействием атомов в результате искажения кристаллической решетки при деформации» [24].

«Для обеспечения изготовления в заданных допусках конструкций плоских секций переборок, настилов, внутренних цистерн примененные варианты технологии изготовления этих конструкций предусматривают следующие мероприятия по предупреждению появления сверхдопустимых сварочных напряжений и деформаций:» [24].

«- сборка конструкций с допусками, составляющими примерно половину окончательного разрешаемого допуска по отклонениям» [24];

«- сборка конструкций без «натяга» с выдерживанием равномерных зазоров в пределах, установленных конструкторской документацией» [24];

«- раскрепление полотен и секций по периметру с помощью Г-образных гребенок и клиньев к стенду» [24];

«- установка грузов вдоль сварных соединений при автоматической сварке стыковых (и пазовых) швов полотен» [24];

«- установка выводных планок, имитирующих сварное соединение полотна, в начале и в конце сварных швов, препятствующих появлению увеличенных угловых деформаций на краях полотен» [24];

«- применение кантовок конструкций при сварке стыковых соединений полотен и приварке поясков к стенкам тавровых соединений набора» [24];

«- введение припусков по монтажным кромкам полотен для компенсации возможных укорочений от сварки стыковых соединений и приварки набора» [24];

«- установка на полотна предварительно выправленного на прессах таврового набора» [24];

«- приварка полосового и неподкрепленного поперечными жесткостями таврового набора одновременно с двух сторон для предупреждения его сверхдопустимого уклона» [24];

«- выполнение сварки узкими валиками при небольших значениях погонной энергии с соблюдением требований по межпроходной температуре в соответствии с требованиями Основных положений по сварке, обеспечивающих контролируемый нагрев конструкции без ее перегрева и без быстрого охлаждения» [24].

2.4 Контроль качества готовой конструкции

При приемочном контроле УКП должен производить контроль соответствия сварных соединений, предъявляемым к ним технической документацией на сварку, чертежами.

«Визуальному и измерительному контролю сварных соединений подлежат все выполненные сварные соединения независимо от категории сварного соединения» [7].

«Внешний осмотр должен выполняться до контроля их другими методами» [7]. «Контролю подвергается каждый шов сварного соединения и зона прилегающего к нему основного металла на расстоянии не менее 20мм от границы сплавления по всей его протяженности» [7].

«При визуальном и измерительном контроле должно быть установлено:
» [7]

«- соответствия размеров швов требованиям чертежа. Проверяется ширина и высота усиления шва и катет шва. Измерения должны проводиться не реже, чем через каждый метр шва, но не менее одного измерения на каждом технологически самостоятельном сварном соединении» [7];

«- отсутствие недопустимых наружных дефектов на поверхности шва и прилегающей к нему зоне основного металла шириной не менее 20мм» [7].

«Недопустимые наружные дефекты: » [7]

«- трещины в шве и околошовной зоне, непровары, прожоги, свищи, наплывы, скопление пор и шлаковых включений, несоответствие формы и размеров шва, а также незаваренные кратера и пятна коротких замыканий на поверхности основного металла» [7];

«- отдельные поры размером 0,1минимальной толщины свариваемой детали, входящей в сварное соединение при толщине до 20мм и поры размером более 2,0мм при толщине деталей 20мм и более» [7];

«- поры размером менее 0,1минимальной толщины свариваемой детали, входящей в сварное соединение при толщине 20мм и более количестве 3 штук и более, на любом участке шва длиной 100мм. Суммарная длина участков с порами в количестве 3 штук на 100мм длины шва не должна превышать 10% длины технологически самостоятельного шва» [7];

«- подрезы основного металла глубиной 0,5 – 1,0мм, длиной более 15мм и подрезы более 1,0мм любой длины. Суммарная протяженность отдельных допустимых подрезов не должна превышать 10% длины технологически самостоятельного шва» [7];

«- бугристость и чешуйчатость величиной более 2мм. Величина чешуйчатости и бугристости замеряется между вершинами бугров и чешуек» [7];

«- западания между валиками, а также между швом и основным металлом (неплавность перехода шва к основному металлу), превышающие допустимые величины» [7].

«По результатам визуального и измерительного контроля сварные соединения следует считать годными, если в них не обнаружены вышеперечисленные дефекты» [7].

Капиллярные методы контроля сварных соединений, включая цветной, люминесцентный и люминесцентно-цветной методы, должны применяться и выполняться в соответствии письменными спецификациями (процедурами), разработанными на основании стандарта и выявлять дефекты типа «Т» и «непровары», выходящие на поверхность металла околошовной зоны. Капиллярная дефектоскопия применяется для:

- технологического контроля при выявлении дефектов, либо для проверки сомнительных мест;
- проверки полноты удаления трещин на исправляемых участках;
- контроля поверхностей деталей насыщения и заделок ОК;
- контроля околошовной зоны швов ОК после испытаний.

«Радиографический контроль сварных соединений, конструктивно имеющих полный провар, для выявления в них следующих внутренних дефектов: непроваров, трещин, пор, включений и др. оценку сварных соединений производят по 3-ех бальной системе» [7]. Баллом 3 и 2 оцениваются годные сварные соединения, а баллом 1 оцениваются негодные участки. Стандартная длина радиографическая снимка – 400мм. При длине контролируемого участка менее 400мм – предельная длина допустимых значений скоплений дефектов пропорционально уменьшается.

«Если при контроле РГК обнаружена трещина, то РГК должен быть произведен по всей длине технологически самостоятельного соединения, в

котором обнаружена трещина» [7].

«При УЗК сварных соединений и наплавов выявляются нарушения сплошности (внутренних дефектов) типа трещин, непроваров, усадки раковин, пор, шлаковых включений, вогнутости корня шва, несплавлений с металлом шва, включений вольфрама и др. дефектов без определения их характера, но с указанием их количества, условных размеров и координат расположения (по длине и глубине) » [7].

Если при первичном и дополнительном контроле проконтролировано последовательности подразделяются на категории: предварительные, основные и контрольные.

Испытания смачиванием керосином может применяться при предварительных и основных испытаниях конструкций для установления непроницаемости отдельных сварных швов.

Конструкции считаются непроницаемыми, если за время выдержки на поверхности с нанесенным меловым раствором не появятся пятна керосина.

более 50% соединения, то соединение должно быть забраковано или подвергнуто контролю по всей протяженности.

Непроницаемость – это способность корпусных конструкций не пропускать воду или другую жидкость.

Герметичность – это способность корпусных конструкций не пропускать газообразные вещества и аэрозоли.

Испытания корпусов подводных лодок на непроницаемость и герметичность по своему назначению и технологической последовательности подразделяются на категории: предварительные, основные и контрольные.

Испытания смачиванием керосином может применяться при предварительных и основных испытаниях конструкций для установления непроницаемости отдельных сварных швов

«При испытании смачиванием керосином противоположная сторона сварного шва должна быть покрыта меловым раствором» [7].

Конструкции считаются непроницаемыми, если за время выдержки на поверхности с нанесенным меловым раствором не появятся пятна керосина.

2.5 Расчет трудоемкости сборочно-сварочных работ

«Расчет трудоемкости сборочно-сварочных работ осуществляется согласно действующей документации» [24].

«Норма времени сварного соединения T_n , н/час, для ручной электродуговой и полуавтоматической сварки в среде защитных газов вычисляется по формуле» [24]:

$$T_n = T_{шк} \cdot \frac{F_n}{100} \cdot K_{неуд} \cdot K_{п} \cdot K_{ш} \cdot K_{в} \cdot L, (19)$$

«где $T_{шк}$ – штучно-калькуляционное время на один погонный метр, час» [24];

« F_n – площадь поперечного сечения шва, мм²» [24];

« $K_{неуд}$ – коэффициент неудобств» [24];

« $K_{п}$ – коэффициент в зависимости от положения шва в пространстве, марки и диаметра сварочного материала» [24];

« $K_{ш}$ – коэффициент в зависимости от вида шва» [24];

« $K_{в}$ – коэффициент, учитывающий возрастание доли вспомогательного времени, связанного со швом, в норме времени по мере уменьшения площади поперечного сечения шва» [24];

« L – длина шва, м» [24].

Таблица 6 – Трудоемкость сварочных работ

Вид работ	Сварочные работы, н/час
Изготовление узлов 1 и 2	$T_1=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 6,18 \cdot 4,23=17,36$
	$T_2=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 12,02 \cdot 3,79=30,2$
	$T_{общ}=2 \cdot (17,36+30,2)=95,12$

Продолжение таблицы 6

Изготовление узлов 3 и 4	$T_1=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 12,1 \cdot 0,45=3,6$ $T_2=3 \cdot 1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 0,22=1,9$ $T_3=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 12,1 \cdot 0,26=2,11$ $T_4=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 19,89 \cdot 10,72=141,3$ $T_5=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 6,18 \cdot 10,72=43,9$ $T_{\text{общ}}=2 \cdot (3,6+1,9+2,11+141,3+43,9)=385,62$
Изготовление узла 5	$T_1=2 \cdot 1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 5,33 \cdot 2,53=17,9$ $T_{\text{общ}}=8 \cdot 17,9=142,9$
Изготовление узла 6	$T_1=1,13 \cdot 1,1 \cdot 0,533 \cdot 5,33 \cdot (0,63+0,4+0,35)=4,87$ $T_{\text{общ}}=8 \cdot 4,87=38,96$
Изготовление узла 7	$T_{\text{общ}}=8 \cdot 4,87=38,96$
Изготовление узла 8	$T_1=1,13 \cdot 1 \cdot 0,533 \cdot 7 \cdot 1=4,22$ $T_{\text{общ}}=14 \cdot 4,22=59,08$
Изготовление узла 9	$T_1=1,13 \cdot 1 \cdot 0,533 \cdot 7 \cdot 2=8,44$ $T_{\text{общ}}=14 \cdot 8,44=118,16$
Изготовление подсекции	$T_1=112 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,2=82$ $T_2=32 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,2=23,6$ $T_3=16 \cdot 0,533 \cdot 1,2 \cdot 4,07 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,26=18,4$ $T_4=32 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,2=23,6$ $T_5=56 \cdot 0,533 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 0,26=116$ $T_6=7 \cdot 2 \cdot 0,533 \cdot 7 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1=73,88$ $T_7=8 \cdot 0,533 \cdot 1,2 \cdot 4,07 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 0,26=8,42$ $T_8=8 \cdot 0,533 \cdot 1,2 \cdot 8 \cdot 1,15 \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 0,26=9$ $T_9=8 \cdot 0,533 \cdot 1,2 \cdot 6,2 \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 0,43=18,5$ $T_{10}=8 \cdot 0,533 \cdot 5,33 \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 1,2=36,9$ $T_{11}=8 \cdot 0,533 \cdot 7 \cdot 1,21 \cdot 1,23 \cdot 0,9=39,98$ $T_{12}=8 \cdot 0,533 \cdot 6,18 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,22=8,56$ $T_{13}=4 \cdot 0,533 \cdot 13,59 \cdot 1,2 \cdot 1,23 \cdot 0,45=19,24$ $T_{14}=5 \cdot 8 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,2=25,6$ $T_{15}=4 \cdot 0,533 \cdot 4,07 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 0,22=2,7$ $T_{16}=4 \cdot 0,533 \cdot 7,28 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 0,22=4,82$ $T_{\text{общ}}=988,38$

Итого: 1867,18 н/час.

«Время на сборку узлов составляет 120 н/час, газорезательные работы – 18 н/час» [24].

«Время на сборку подсекции – 180 н/час, газорезательные работы – 36 н/час» [24].

«Итого, время на сборку подсекции составляет – 354 н/час» [24].

«Трудоемкость на сварку узлов 3 и 4, ручным дуговым способом составляет» [24]:

$$T_1=1,12 \cdot 0,949 \cdot 1,1 \cdot 12,1 \cdot 0,45=6,37 \text{ н/час};$$

$$T_2=3 \cdot 1,12 \cdot 0,949 \cdot 1,1 \cdot 4,07 \cdot 0,22=3,14 \text{ н/час};$$

$$T_3=1,12 \cdot 0,949 \cdot 1,1 \cdot 12,1 \cdot 0,26=3,76 \text{ н/час};$$

$$T_4=1,12 \cdot 0,949 \cdot 1,1 \cdot 19,89 \cdot 10,72=251,6 \text{ н/час};$$

$$T_5=1,12 \cdot 0,949 \cdot 1,1 \cdot 6,18 \cdot 10,72=78,16 \text{ н/час};$$

$$T_{\text{общ}}=2 \cdot (6,37+3,14+3,76+251,6+78,16)=686,06 \text{ н/час}$$

2.5.1 Расчет численности производственных рабочих по профессиям, занятым на участке

«Расчет численности рабочих осуществляем согласно действующей документации» [24].

«Расчет численности производственных рабочих, занятых на производственном участке r_{pi} , чел, определяется по формуле» [24]:

$$r_{pi} = \frac{T_i^{год}}{B_p^{год}}, (20)$$

«Где r_{pi} – расчетная численность рабочих по i -й профессии, чел» [24];

« $T_i^{год}$ – годовая трудоемкость по i -й операции, н/час» [24];

« $B_p^{год}$ – выработка на одного рабочего, годовая, в/час» [24].

«Выработка на одного рабочего $B_p^{год}$, час, определяется по формуле» [24]:

$$B_p^{год} = \Phi_{p.вр}^{год} \cdot K_{вых} \cdot \alpha_i, (21)$$

«Где $\Phi_{p.вр}^{год}$ – годовой фонд времени рабочего, час» [24];

« $K_{вых}$ – коэффициент невыходов, учитывающий нахождение рабочего в очередном отпуске, потери по болезни, выполнение гособязанностей и т.п., $K_{вых} = 0,83$ » [24];

« α_i – средний планируемый коэффициент выполнения норм времени (выработки), $\alpha_i = 1,15$ » [24].

«Годовой фонд рабочего времени $\Phi_{p.вр}^{год}$, час, определяется по формуле»

[24]:

$$\Phi_{p.вр}^{год} = \Phi_{эф}^{год} \cdot T_{см}, \quad (22)$$

«Где $\Phi_{эф}^{год}$ – эффективный фонд рабочего времени (количество рабочих дней в году)» [24];

« $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, принимаем равной 16 часам – при двухсменной работе» [24].

«Эффективный фонд рабочего времени $\Phi_{эф}^{год}$, дни, определяется по формуле» [24]:

$$\Phi_{эф}^{год} = \Phi^{год} - (\Phi_в + \Phi_н + \Phi_о), \quad (23)$$

«Где $\Phi^{год}$ – количество дней в календарном году, принимаем равным 365» [24];

« $\Phi_в$ – количество выходных дней, принимаем 104» [24];

« $\Phi_н$ – количество праздничных дней, принимаем 11» [24];

« $\Phi_о$ – количество дней очередного отпуска, принимаем 52» [24].

$$\Phi_{эф}^{год} = 365 - (104 + 11 + 52) = 198 \text{ дней.}$$

«Годовой фонд рабочего времени $\Phi_{p.вр}^{год}$, час, вычисляется по формуле (22)» [24]:

$$\Phi_{p.вр}^{год} = 198 \cdot 16 = 3168 \text{ час.}$$

«Выработка на одного рабочего $B_p^{год}$, час, определяется по формуле (20)» [24]:

$$B_p^{год} = 3168 \cdot 0,83 \cdot 1,15 = 3024 \text{ час.}$$

«Принимаем $\Phi_{p.вр}^{1\text{месяц}} = 792$ час, $B_p^{1\text{месяц}} = 756$ час» [24].

«Трудоемкость за месяц по i -й операции $T_i^{1\text{месяц}}$, н/час, вычисляется по формуле» [24]:

$$T_i^{1\text{месяц}} = 3 \cdot T_n, (24)$$

«где T_n – норма времени на i -ую операцию, н/час» [24]

Таблица 7 – Расчет нормы времени на месячную программу

Описание операции	T_n , н/час	$T_i^{3\text{мес}}$, н/час
Изготовление узла 1 и 2	95,12	285,36
Изготовление узла 3 и 4	385,62	1156,86
Изготовление узла 5	142,9	428,7
Изготовление узла 6	38,96	116,88
Изготовление узла 7	38,96	116,88
Изготовление узла 8	59,08	177,24
Изготовление узла 9	118,16	354,48
Сварка подсекции	988,18	2965,14
Сборка подсекции	354	1062
Итого:	2221	6663

Таблица 8 – Численность рабочих по профессиям

Описание операции	$T_i^{3\text{мес}}$, н/час	r_{pi} , чел	$r_{прин.i}$, чел	K_{zi}^p
Изготовление узла 1 и 2	285,36	0,38	1	0,38
Изготовление узла 3 и 4	1156,86	1,53	2	0,77
Изготовление узла 5	428,7	0,57	1	0,57
Изготовление узла 6	116,88	0,15	1	0,15
Изготовление узла 7	116,88	0,15	1	0,15
Изготовление узла 8	177,24	0,23	1	0,23
Изготовление узла 9	354,48	0,47	1	0,47
Сварка подсекции	2965,14	3,92	4	0,98
Сборка подсекции	1062	1,4	2	0,7
Итого;	6663		14	

«Коэффициент загрузки рабочих i -й операции K_{zi}^p , определяется по формуле» [24]:

$$K_{zi}^p = \frac{r_{pi}}{r_{прин.i}}, (25)$$

«где $r_{прин.i}$ – принятая численность рабочих на i -й операции, принимается путем округления расчетной численности до целого значения» [24].

«Средний коэффициент загрузки рабочих по участку $K_{з.сред}^p$, вычисляется по формуле» [24]:

$$K_{з.сред}^p = \frac{K_{з1}^p + K_{з2}^p + \dots + K_{зн}^p}{n}, \quad (26)$$

«где n – число технологических операций» [24];

$$K_{з.сред}^p = \frac{0,38 + 0,77 + 0,57 + 0,15 + 0,15 + 0,23 + 0,47 + 0,98 + 0,7}{10} = 0,44$$

«Так как $K_{з.сред}^p < 1$, то для полной загрузки производственных рабочих на участке, необходимо их использовать на других схожих технологических операциях» [24].

«Чтобы определить оптимальное количество производственных рабочих необходимо рассчитать коэффициент загрузки рабочих по профессиям $K_{з.проф}^p$, который определяется по формуле» [24]:

$$K_{з.проф}^p = \frac{r_{pi}^{проф}}{r_{прин.i}^{проф}}, \quad (27)$$

«где $r_{pi}^{проф}$ – расчетная численность рабочих на i -й профессии, чел» [24];

« $r_{прин.i}^{проф}$ – принятая численность рабочих на i -й профессии, чел» [24].

Таблица 9 – Коэффициенты загрузки рабочих по профессиям

Наименование профессии	$T_i^{3мес}$, н/час	$r_{pi}^{проф}$, чел	$r_{прин.i}^{проф}$, чел	$K_{з.проф}^p$
Сварщик – полуавтоматическая сварка в среде защитных газов	5601	7,4	8	0,93
Сборщик	1062	1,4	2	0,7
Итого:	6663		10	

«Коэффициент загрузки рабочих по профессиям достаточно высок $K_{з.проф}^p = 0,82$, вследствие того, что некоторые рабочие выполняют несколько операций, такое совмещение не влияет на ход технологического процесса и на его качество» [24].

«Таким образом, принимаем численность работающих на участке равной 10 человек» [24].

2.5.2 Расчет численности вспомогательных рабочих, обслуживающих участок

$$r_{вс} = 0,34...0,45r_{np}, (28)$$

«Где r_{np} – численность производственных рабочих, чел» [24];

$$r_{вс} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ чел.}$$

2.5.3 Численность руководящих работников и специалистов, обеспечивающих функционирование производственного участка

«Численность руководящих работников и специалистов $r_{р.с}$, чел, определяется по формуле» [24]:

$$r_{р.с} = 0,08...0,25(r_{np} + r_{вс}), (29)$$

$$r_{р.с} = 0,12 \cdot (8 + 4) = 1,44 \text{ чел.}$$

«Принимаем численность руководящих работников и специалистов $r_{р.с} = 2$ человека» [24].

2.5.4 Расчет численности служащих и младшего обслуживающего персонала

«Численность служащих и младшего обслуживающего персонала $r_{МОП,служ}$, чел, определяется по формуле» [24]:

$$r_{МОП,служ} = 0,02(r_{np} + r_{вс}), (30)$$

$$r_{МОП,служ} = 0,02 \cdot (8 + 4) = 0,24.$$

«Принимаем численность младшего обслуживающего персонала и служащих $r_{МОП,служ} = 1$ человек» [24].

Таблица 10 – Численность персонала, на производственном участке

Категория персонала	Принятая численность, чел.	Удельное значение в общей численности, %
Производственные (основные) рабочие	8	50
Вспомогательные рабочие	4	25
Руководящие работники и специалисты	2	12,5
Служащие	1	6,25
Младший обслуживающий персонал	1	6,25
Итого:	16	100

2.5.5 Расчет количества необходимого технологического оборудования производственного участка и анализ его загрузки

«На судостроительном предприятии в цехах верфи производство прерывное. Поэтому следует исходить из пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями» [9]. «Продолжительность смены 8 часов. В этом случае фонд времени» [24]:

$T_n = 365 - (104 \text{ выходных} + 11 \text{ праздничных}) = 250$ дней (по 16 часов – при двухсменной работе).

«Так как в дипломной работе принята программа – три месяца, то принимаем $T_n = 63$ дня (по 16 часов – при двухсменной работе)» [24].

«Фонд работы оборудования T_p , дни, вычисляется по формуле» [24]:

$$T_p = T_n - (T_{рем} + T_o), (31)$$

«где $T_{рем}$ – остановки на ремонты, дни» [24];

T_o – осмотры, дни.

«Количество основного оборудования $A_{рас.i}$, шт., рассчитывается по каждому из видов оборудования по формуле» [24]:

$$A_{рас.i} = \frac{T_i^{3мес}}{F_{эф} \cdot r_i \cdot K_{см}}, (32)$$

«где $T_i^{3мес}$ – трудоемкость работ на i -м виде оборудования, н/час» [24];

« $F_{эф}$ – эффективный фонд времени в две смены, час» [24];

« r_i – количество рабочих, закрепленных за i -м видом оборудования» [24];

« $K_{см}$ – коэффициент сменности, при двухсменной работе $K_{см} = 0,88$ » [24].

«Эффективный фонд времени работы оборудования $F_{эф}$, час, определяется по формуле» [24]:

$$F_{эф} = T_n \cdot (1 - K_n), (33)$$

«где K_n – коэффициент, учитывающий перерывы на технологические остановки и ремонт – по графику ППР $K_n = 0,15$ » [24];

$$F_{эф} = 63 \cdot 16(1 - 0,15) = 856,8 \text{ час.}$$

Таблица 11 – Количество и коэффициент загрузки оборудования

Наименование оборудования	$T_i^{3мес}$, н/час	$A_{рас.i}$, шт.	$A_{прин.i}$, шт.	$K_{з.i}$
Сварочный полуавтомат	5601	1,1	2	0,55

«Коэффициенты загрузки оборудования $K_{з.i}$ определяется по формуле» [24]:

$$K_{з.i} = \frac{A_{рас.i}}{A_{прин.i}}, (34)$$

«где $A_{прин.i}$ – принимаемое количество оборудования, шт» [24].

«Аналогично считаем для случая, если бы узлы 3 и 4 изготавливались с помощью ручной дуговой сварки» [24].

Таблица 12 – Расчет нормы времени на месячную программу

Описание операции	T_n , н/час	$T_i^{3мес}$, н/час
Изготовление узла 1 и 2	95,12	285,36
Изготовление узла 3 и 4	686	2058
Изготовление узла 5	142,9	428,7
Изготовление узла 6	38,96	116,88
Изготовление узла 7	38,96	116,88
Изготовление узла 8	59,08	177,24
Изготовление узла 9	118,16	354,48
Сварка подсекции	988,18	2965,14
Сборка подсекции	354	1062
Итого:	2521,4	7564,2

Таблица 13 – Численность рабочих по профессиям

Описание операции	$T_i^{3мес}$, н/час	r_{pi} , чел	$r_{прин.и}$, чел	K_{zi}^p
Изготовление узла 1 и 2	285,36	0,38	1	0,38
Изготовление узла 3 и 4	2058	2,7	3	0,9
Изготовление узла 5	428,7	0,57	1	0,57
Изготовление узла 6	116,88	0,15	1	0,15
Изготовление узла 7	116,88	0,15	1	0,15
Изготовление узла 8	177,24	0,23	1	0,23
Изготовление узла 9	354,48	0,47	1	0,47
Сварка подсекции	2965,14	3,92	4	0,98
Сборка подсекции	1062	1,4	2	0,7
Итого:	7564,2	-	15	-

Таблица 14 – Коэффициенты загрузки рабочих по профессиям

Наименование профессии	$T_i^{3мес}$, н/час	$r_{pi}^{проф}$, чел	$r_{принi}^{проф}$, чел	$K_{з.проф}^p$
Сварщик – полуавтоматическая сварка в среде защитных газов	5215,7	6,9	7	0,99
Сварщик – ручная дуговая сварка	2058	2,7	3	0,9
Сборщик	1062	1,4	2	0,7
Итого:	7564	-	12	-

Таблица 15 – Численность персонала на производственном участке

Категория персонала	Принятая численность, чел.	Удельное значение в общей численности, %
Производственные (основные) рабочие	12	57
Вспомогательные рабочие	5	24
Руководящие работники и специалисты	2	9,5
Служащие	1	4,75
Младший обслуживающий персонал	1	4,75
Итого:	21	100

Таблица 16 – Количество и коэффициент загрузки оборудования

Наименование оборудования	$T_i^{3мес}$, н/час	$A_{рас.i}$, шт.	$A_{принi}$, шт.	$K_{з.i}$
Сварочный полуавтомат	5215	0,98	1	0,98
Сварочный конвертер КСУ-320	2058	0,9	1	0,9

3 Технико-экономическое обоснование проекта

Произведем расчет технико-экономических параметров согласно методике [25].

Таблица 17 – Результаты расчетов технико-экономических показателей

Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.	
	При полуавтоматической сварке узлов 3 и 4	При ручной дуговой сварке узлов 3 и 4
Трудоемкость, н/час	6663	7563
Основные и вспомогательные материалы	3172,64	2955,92
Электроэнергия	13,9	13,15
ОЗП основных производственных рабочих	2931,9	3331,2
ДЗП основных производственных рабочих	2345,52	2665
Взносы в социальные фонды	1583,23	1798,86
Взносы в фонд обязательного соц. страхования	105,55	119,92
Расходы на ремонт, содержание и эксплуатацию оборудования	5277,42	5996,16
Цеховые расходы	3518,28	3997,44
Общезаводские расходы	2914,72	2731,6
Итого производственная себестоимость:	21926,64	23668,35
Внепроизводственные расходы	1096,33	1183,42
Прочие расходы	438,53	473,31
Итого полная себестоимость:	23461,5	25322,05

Таблица 18 – Оценка экономической эффективности

Показатели	При полуавтоматической сварке узлов 3 и 4	При ручной дуговой сварке узлов 3 и 4	Изменение	
			Абс.	Относ., %
Трудоемкость, н/час	6663	7563	900	13,5
Себестоимость, тыс. руб.	23461	25322	1861	10,5

«Вывод: в экономической части произведён расчет по технико-экономическим показателям и установлено, что в результате замены

полуавтоматической сварки на ручную дуговую при сварке узлов 3 и 4, трудоемкость увеличится на 13,5%, а себестоимость увеличится на 10,5%» [25].

4. Охрана труда, техника безопасности и охраны окружающей среды

В сборочно-сварочных цехах зависит от уровня их специализации и механизации, количества единиц оборудования и технологической оснастки, имеющейся на рабочем месте, габаритных размеров, веса и характера изготовления технологии сварных конструкций и их элементов. Организация специализированных мест, оснащенных механизированным и автоматизированным оборудованием, освобождающих частично или в значительной степени рабочего от выполнения основных, вспомогательных и транспортных операций, должна предусматривать, прежде всего, создания возможностей и удобств, для правильного управления оборудованием (своевременное регулирование работы механизмов, контроль за их работой и т.д.). При этом необходимо учитывать особенности конструкций машин и сложность управления ими, стабильность технологических режимов и возможности рабочего.

Методы разделения труда должны обеспечивать четкую производственную связь между всеми работниками на всех стадиях процесса изготовления сварной конструкции.

Совмещение профессий работниками сборочно-сварочных цехов должна осуществляться, прежде всего, в направлении создания комплексных бригад. Владение рабочими несколькими профессиями и специальностями при производстве сварки конструкций является одним из эффективных путей повышения производительности труда, а также устранения монотонности труда рабочих.

Рационализация трудовых процессов при изготовлении сварных конструкций должна осуществляться путем целесообразного расчленения

процессов труда на составные элементы и наиболее выгодного их сочетания. В сборочно-сварочных цехах на ручные приемы труда затрачивается до 60% времени. За счет совершенствования ручных приемов в 1,5-2,0 раза сокращается вспомогательное время. Необходимо стремиться к такому размещению оборудования и средств управления им, а также заготовок деталей, инструментов, приспособлений и других предметов, при котором рабочий выполнит бы закрепленную за ним работу с минимальным количеством трудовых движений. Во всех случаях работа должна выполняться без особых напряжений рук и корпуса рабочего, т.е. в наиболее удобном для него положении. Наименьшая утомляемость рабочих сборщиков и сварщиков наблюдается при применении стенов, поворотных устройств, кантователей.

При работе вручную (или частичной механизации работ) главное внимание должно быть уделено удобству трудовых движений рабочего, рационализации приемов труда, устранению лишних движений рабочего путем применения наиболее целесообразных и удобных способов выполнения сборочно-сварочных и других операций.

Рабочие места, предусмотренные для сборки и сварки крупногабаритных узлов, должны быть оборудованы лестницами кран-балками, подъемными приспособлениями, кантователями. При сварке изделий небольших габаритов, рабочие места сварщиков оборудуют кабинами площадью 4м², а при сварке громоздких изделий на сборочных площадках рабочие места, сварщиков ограждаются переносными щитами или ширмами. Не менее важным мероприятием при организации рабочих мест является также поддержание высокой производственной культуры. Следует иметь ввиду, что освещение рабочих мест позволяет увеличить производительность труда рабочих в среднем на 10 - 15%; устранение вредных шумов - на 5%, поддержание чистоты и порядка на рабочем месте, наличие хорошей вентиляции на 3- 6 %. Непременным условием рациональной организации рабочих мест сборочно-сварочных цехов

(участков), является обеспечение охраны труда рабочих.

«Помещение сборочно-сварочного цеха должно иметь постоянную вентиляцию, обеспечивающую нормальную среду для работающих. Запрещается курить на рабочем месте, кроме мест специально отведенных, руководством предприятия. Рабочие места должны быть оборудованы стеллажами и ящиками для хранения приспособлений, инструмента, технической документации. Все используемое оборудование, оснастка, инструмент и приспособления должны находиться в полной исправности; работать на не исправном оборудовании запрещается. У сборочных мест должны быть предусмотрены площадки для хранения деталей и узлов, изделий насыщения; не допускается занимать для этой цели проходы и проезды» [48].

«Администрация производственного участка должна вести постоянный контроль за применением сиз, использованием ручного механизированного инструмента и выполнением профилактических зачистных работ, обеспечить места разводов бригад графиками режима работы ручным и механизированным инструментом» [2].

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена тема: «Разработка технологии изготовления рамы зонального блока для атомной подводной лодки».

Произведен анализ объекта и его конструктивно-технологических особенностей.

Разработана технология изготовления конструкции в условиях сборочно-сварочного цеха.

Чтобы выбрать способы сварки и проставить их в чертеже, необходимо, прежде всего, представить общую последовательность сборки секции, выбрать вариант технологии и способ сборки.

Сборка и сварка секции может выполняться по двум вариантам технологии:

- сборка секции на постели (имеющей криволинейные обводы) с базированием на наружной обшивке;
- сборка секции на плоском стенде с базированием на плоском полотнище.

Существуют и другие варианты (сборка в каркасе, комбинация основных вариантов). Они используются реже, но также могут применяться на предприятии.

Произведя расчёты деформации конструкции и посчитав финансовую составляющую в экономической части данной работы, мы приходим к выводу, что для изготовления данной конструкции целесообразно будет выбрать и применить более прогрессивный способ сварки.

Данная работа дает целостное представление о логике, содержании и способах разработки технологических процессов по основным разделам технологии. Это важно не только для подготовки к проектированию, но и способствует формированию профессиональных компетенций.

Список используемой литературы

1. ОСТ 5Р.9673-94. Соединения сварные из стали типа АК. Основные положения. Часть I. Типовой технологический процесс. – Введ. 28.01.1994
2. ОСТ В5.9866-81. Корпуса и корпусные конструкции из стали. Основные положения по технологии изготовления. – Введ. 01.01.1983.
3. ОСТ 5.9092-91. Корпуса стальных судов. Основные положения по технологии изготовления. – Введ. 01.01.1993.
4. РД 5.0679-91. Аттестация сварщиков и газорезчиков. Правила. - Введ. 01.07.1992.
5. ОСТ 5.9652-76. Строжка тепловая конструкционных сталей для судостроения. Типовой технологический процесс.
6. ГОСТ 18300-72. Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия. - Введ. 01.07.1973.
7. ПК 90.2096-81. Соединения сварные стальных корпусных конструкций изделий 21 и 21А. Правила контроля.
8. ГОСТ 3647-80. Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля. – Введ. 01.01.1982.
9. ОСТ 5Р.9091-2002. Детали корпусные судовые стальные. Технические требования к изготовлению. – Введ. 01.07.2003.
10. ОСТ 5.9526-87. Резка тепловая металлов. Типовые технологические процессы. – Введ. 01.07.1988.
11. РД 5Р.9083-92. Корпуса стальных судов. Сварка углеродистых и низколегированных сталей. Основные положения. – Введ. 01.07.1981.
12. РД 5.121-85. Корпуса металлических судов. Методика проведения визуального и измерительного контроля сварных соединений.
13. ОСТ 5.9324-89. Комплексная система контроля качества. Корпуса металлических судов. Точность изготовления узлов и секций. Технические требования. – Введ. 01.01.1991.

14. СТП67-427-2013. Смк. Крепления технологические временные, применяемые при строительстве металлических надводных судов и сооружений. Технические требования по установке, сварке и удалению. 2013.
15. УП 01-1874-62. Условия поставки материалов, механизмов, приборов и оборудования для специальных судов. 1962.
16. ГОСТ 8984-75. Силикагель-индикатор. Технические условия. – Введ. 01.07.1976.
17. ГОСТ 3956-76. Силикагель технический. Технические условия. – Введ. 01.01.1977.
18. РД 5.90.2362-85. Материалы сварочные. Определение содержания водорода. Методика.
19. РД 5.90.2513-87. Проволока сварочная. Химическая очистка. Инструкция.
20. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – Введ. 01.01.1973.
21. Окерблом, Н.О. Проектирование технологии изготовления сварных конструкций (Расчетные методы) / Н.О. Окерблом, В.П. Демянцевич, И.П. Байкова. – Л.: Судпромгиз, 1963.
22. Кузьминов, С.А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций, – Л.: Судостроение, 1974.
23. ОСТ 5Р.9095-93. Контроль неразрушающий. Соединения сварные судовых конструкций и изделий. Радиографический метод.
24. Голота, Г.Ф. Техническое нормирование судокорпусных и судоремонтных работ, – Л.: Судостроение, 1987.
25. Сырков, А.К. Справочник по технологическому проектированию судостроительных верфей и цехов. – Л.: Судостроение, 1980.
26. РД 5.УЕИА.2585-88. Сварочные материалы при техническом проектировании в судостроении. Нормирование материалов. – Введ. 05.01.1988. – М.: Изд-во стандартов. – 1988. – 49 с.

27. ГОСТ 27653-88. Костюмы мужские для защиты от механических воздействий, воды и щелочей. Технические условия. – Введ. 01.01.1990.
28. ГОСТ 9411-91. Стекло оптическое цветное. Технические условия. – Введ. 01.01.1993.
29. ГОСТ 12.3.003–86. Работы электросварочные. Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1988.
30. ГОСТ 27653-88. Костюмы мужские для защиты от механических воздействий, воды и щелочей. Технические условия. – Введ. 01.01.1990.
31. ГОСТ 9411-91. Стекло оптическое цветное. Технические условия. – Введ. 01.01.1993.
32. ГОСТ 12.3.003–86. Работы электросварочные. Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1988.
33. ОСТ СП.0241–2010. Безопасность труда при строительстве и ремонте судов. Основные положения. – Введ. 01.01.2012.
34. ПОТ РМ-019-2001. Межотраслевые правила по охране труда при производстве ацетилена, кислорода, процессы напыления и газопламенной обработке металлов. – Введ. 01.07.2002.