ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ
Директор колледжа
_____ О.В. Жижикина
«29» 01 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Сварочное производство»

специальности:
26.02.02 «Судостроение»

Петропавловск-Камчатский
2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ 3
1.1. Область применения рабочей программы 3
1.2. Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена 3
1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины 3
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ....6
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ....6
3.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы 6
3.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины 6
Оборудование и технология дуговой автоматической сварки 11
Дефекты и контроль сварных швов 11
3.3. Вопросы итогового контроля знаний по учебной дисциплине 14
4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ 15
4.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению 15
4.2. Информационное обеспечение обучения 15
5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ...16
6. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ....18
ПРИЛОЖЕНИЕ А Фонд оценочных средств 19

1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.06 Сварочное производство

1.1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности 26.02.02 «Судостроение».

1.2. Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена

Дисциплина общепрофессионального цикла (ОП.06).

1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины

Цель дисциплины «Сварочное производство»: изучение сущности и видов сварки, применяемых при постройке судов, оборудования и сварочных материалов, технологии сварки.

Задачи изучения дисциплины

– Обучение основам финансовой математики: получение знаний о процентах, инфляции, кредитной нагрузке, накоплении капитала.

– Развитие навыков бюджетирования и личного финансового планирования: учёт доходов и расходов, составление бюджета, управление долгами и кредитами.

– Формирование представлений о банковских продуктах и услугах: изучение особенностей вкладов, кредитов, пластиковых карт, электронных платежей.

– Привитие навыков инвестирования и сбережения: основы инвестиций, фондовый рынок, страхование, пенсионные накопления.

– Подготовка к принятию самостоятельных финансовых решений: анализ кредитных продуктов, выбор ипотеки, автокредитов, потребительских займов.

– Освоение способов защиты от финансовых угроз: правила безопасной работы с банковскими услугами, борьба с мошенничеством и киберпреступностью.

– Воспитание активной жизненной позиции в вопросах финансовой безопасности и благополучия: осознанное отношение к финансовым обязательствам, ответственность за собственные финансы.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

уметь:

– распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части

– определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы

– выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы

– владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах

– оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)

– определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации

– выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска

– оценивать практическую значимость результатов поиска

– применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач

– использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности

– использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач

– грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке

– проявлять толерантность в рабочем коллективе

– определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности

– организовывать профессиональную деятельность с соблюдением принципов бережливого производства

– понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы

– участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы

– строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности

– кратко обосновывать и объяснять свои действия (текущие и планируемые)

– писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы

– составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам судостроения;

– оформлять техническую документацию при корректировке технологических процессов и режимов производства;

– составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения

– производить расчет подетальных и пооперационных материальных нормативов при разрабатываемой технологии в судостроении

– составлять технические задания на основе технологического процесса

– осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам

– подбирать оборудование и технологическую оснастку для изготовления деталей, сборки и сварки корпусных конструкций

знать:

– актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить

– структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях

– основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте

– методы работы в профессиональной и смежных сферах

– порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности

– номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности

– приемы структурирования информации

– формат оформления результатов поиска информации

– современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и

– программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства

– правила оформления документов

– правила построения устных сообщений

– правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности

– основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности

– пути обеспечения ресурсосбережения

– принципы бережливого производства

– правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы

– основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика)

– лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности

– особенности произношения

– правила чтения текстов профессиональной направленности

– технологические методы судостроительного производства

– порядок оформления изменений в технической документации судостроительного производства

– порядок составления пооперационного маршрута по всем операциям технологической последовательности

– элементы разрабатываемой конструкции, технические требования, предъявляемые к ним

– порядок составления материальных карт и ведомостей оснастки по технологическим процессам в судостроении

– основы технологии судостроительного производства

– правила расчета норм расхода материалов при постройке и ремонте судов, порядок их оформления

– технические требования, предъявляемые к разрабатываемым конструкциям, принципы их работы, условия монтажа и технической эксплуатации

– технологические процессы сборки и сварки узлов и секций, применяемого оборудования и оснастки

– методы постройки судов, способы формирования корпуса и их использование

– виды и оборудование построечных мест, их характеристики и применение

– технологический процесс формирования корпуса судна на стапеле секционным и блочным методами

– содержание и организация монтажно-достроечных работ

– виды и оборудование судоремонтных организаций

– методы и особенности организации судоремонта

– средства технологического оснащения, применяемого при изготовлении деталей, предварительной и стапельной сборки корпуса, ремонта и утилизации корпусных конструкций

– типовые технологические процессы изготовления деталей, предварительная и стапельная сборка корпуса, ремонт и утилизация корпусных конструкций

иметь навык:

– составления материальной карты технологического процесса

– составления пооперационного маршрута обработки деталей и сборки изделий в процессе их изготовления и контроль по всем операциям технологической последовательности

– оформления изменений в технической документации в связи с корректировкой конструкторской документации, ведомостей

– составления пооперационного маршрута обработки деталей и сборки изделий в процессе их изготовления и контроль по всем операциям технологической последовательности

– разработки технологических процессов на простые изделия

– расчета норм расхода материалов, сырья, инструментов и энергии на достапельном, стапельном и достроечном этапах постройки и ремонта судна по разработанным методикам

– расчета подетальных и пооперационных материальных нормативов при разрабатываемой технологии в судостроении

– анализа конструкции объекта производства и конструкторской документации на его изготовление и монтаж

– обеспечения технологической подготовки производства по реализации технологического процесса.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины способствует формированию следующих общих и профессиональных компетенций:

Код	Наименование результата обучения
ОК.01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
ПК 1.1	Разрабатывать технологическую документацию на технологические процессы изготовления, ремонта, переоборудования, модернизации, сервисного обслуживания, утилизации судов, их составных частей, комплектующих изделий в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации и единой системы технологической документации.
ПК 1.2	Рассчитывать нормы и регистрировать расход материально-технических, энергетических ресурсов для осуществления технологических процессов судостроения.
ПК 1.3	Обеспечивать технологическую подготовку производства по реализации технологического процесса.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	72
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	
в том числе:	
лекции	44
практические занятия	14
лабораторные работы	10
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	4
Итоговая аттестация 4 семестр – **зачет**	

3.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины ОП.06 Сварочное производство

Наименование разделов и тем		Содержание учебного материала, практические занятия, лабораторные работы	Объем часов	ОК/ПК
1		2	3	4
РАЗДЕЛ 1. СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО				
Тема 1.1. Подготовка металла к сварке	**Лекции**		4	ОК 01 ОК 05
	1	Основные виды и последовательность работ по подготовке металла к сварке. Способы правки, разметки и резки металла. Разделительная и поверхностная резка.		
	2	Общее понятие об основных видах резки металлов: кислородная, кислородно-флюсовая, воздушно-дуговая, плазменно-дуговая, механическая. Зачистка подготовленных кромок металла и прилегающих поверхностей.		
	3	Контроль правильности сборки деталей под сварку. Конструктивные элементы швов сварных соединений. Форма разделки кромок. Основные понятия зазора,		

		притупления кромки, угла скоса кромки, угла разделки кромок.		
	4	Варианты разделки кромок и сборки их под сварку в соответствии с ГОСТом: с отбортовкой; с зазором, но без разделки; с односторонней разделкой; с двухсторонней разделкой. Основные требования к подготовке и зачистке поверхностей металла, подлежащего сварке.		
	5	Шаблоны для сборки деталей под сварку. Размеры и последовательность постановки прихваток. Организация рабочего места и требования безопасности при подготовке металла к сварке.		
	6	Виды и назначение сборочно-сварочных приспособлений. Средства и приемы измерений линейных размеров, углов, отклонений формы поверхности Дефекты подготовки металла к сварке		
	Лабораторная работа 1			
	Конструктивные элементы сварных соединений. Определение последовательности постановки сварочных прихваток по заданным условиям		2	ПК 1.3
Тема 1.2. Общие сведения о сварке	**Лекции**			
	1	Определение сварки как технологического процесса. Преимущества сварки перед другими способами соединения деталей. Сущность сварки плавлением и давлением. Основные условия свариваемости однородных и разнородных металлов.	4	ОК 02 ОК 09
	2	Основные виды сварки плавлением, их краткая характеристика. Основные виды сварки давлением с общим и местным нагревом и без внешнего нагрева, их краткая характеристика.		
	3	Краткая характеристика видов дуговой сварки: покрытыми электродами, в защитном газе, под слоем флюса, порошковой проволокой.		
	4	Определение сварного соединения. Термины «сварной» и «сварочный». Классификация типов сварных соединений: стыковое, угловое, тавровое, нахлесточное, торцевое. Достоинства и недостатки стыкового и нахлесточного соединений.		
	5	Определение сварного шва. Стыковой шов – стыкового соединения; угловой шов – углового, таврового и нахлесточного соединения. Геометрические параметры сварных швов: усиление шва, глубина провара, катет шва.		
	6	Классификация сварных швов: нормальные, выпуклые и вогнутые; продольные, поперечные, комбинированные и косые; непрерывные и прерывистые (цепные и шахматные), прихваточные и точечные; рабочие и соединительные (нерабочие).		
	7	Выбор шва в зависимости от действующих на сварную конструкцию внешних нагрузок при эксплуатации (динамических или статических). Условное обозначение швов сварных соединений на чертежах.		
	8	Основные ГОСТы, определяющие условное обозначение швов на чертежах. Условное обозначение спосо-		

		бов сварки. Конструктивные элементы сварных соединений. Вспомогательные знаки. Упрощения в условных обозначениях швов, разрешаемых ГОСТами.		
	Лабораторная работа 2			
	Схемы процессов дуговой сварки: покрытыми электродами; в защитных газах; под флюсом. Расшифровка условных обозначений швов сварных соединений по предложенному заданию		2	ПК 1.3
Тема 1.3. Оборудование сварочного поста и его обслуживание	**Лекции**			
	1	Сварочные посты. Общие требования к оборудованию сварочного поста, правила эксплуатации. Состав типового сварочного поста (источник питания со щитом включения, сварочный стол и стул, резиновый коврик, автономная вытяжная вентиляция, сварочные провода, заземление, электрододержатель, щиток, ящики для электродов и отходов). Виды сварочных постов (стационарные и передвижные) и их характеристика.	4	ОК 09
	2	Обслуживание источников питания дуги. Принадлежности и инструмент сварщика. Принадлежности (электрододержатель, щиток, светофильтры, сварочные провода), их характеристика и выбор в зависимости от величины сварочного тока. Инструменты сварщика, их назначение и правила пользования. Требования безопасности труда.		
Тема 1.4. Электрическая дуга и ее применение при сварке	**Лекции**			
	1	Основные сведения об электрической дуге. Понятие электрического разряда. Определение и характеристика сварочной дуги. Классификация сварочных дуг. Строение сварочного дуги и ее особенности.	2	ОК 01 ОК 07
	2	Процессы, протекающие в катодной, анодной зонах и столбе дуги и их характеристика. Понятие термического эффекта, ионизации, рекомбинации, плазмы и плазменных струй, электрического сопротивления дуги. Влияние степени ионизации на длину дуги. Понятие деионизации столба дуги.		
	3	Условия зажигания и горения дуги. Статическая вольтамперная характеристика дуги. Устойчивость горения дуги. Особенности горения дуги на переменном токе. Понятие о сжатой дуге, ее особенности		
	Практическое занятие 1			
	Выбор марки светофильтров по заданным условиям. Зарисовывание строения свободной дуги и распределение напряжений на ее участках.		2	ПК 1.1
Тема 1.5. Сварочные материалы для дуговой сварки	**Лекции**			
	1	Сварочная проволока: область применения, классификация, требования к ней. Определение и классификация электродов.	4	ОК 01
	2	Марки сварочной проволоки, обозначение элементов, входящие в ее состав. Покрытые электроды: определение, назначение электродного покрытия.		
	3	Классификация покрытых электродов. Типы электродов и их буквенно-цифровое обозначение. Выбор типа и марки электрода. Расшифровка надписи этикетки упаковочной пачки электродов. Транспортировка и		

		хранение электродов. Условные обозначения покрытых электродов.		
	4	Неплавящиеся электроды (угольные, графитовые и вольфрамовые), их характеристика и область применения. Порошковая проволока. Составы порошка, в зависимости от назначения проволоки. Обозначение порошковой проволоки.		
	5	Транспортировка и хранение проволоки. Флюсы и защитные газы. Общие сведения о флюсах. Классификация флюсов. Основные марки флюсов. Особенности применения флюсов в сочетании со сварочной проволокой.		
	6	Защитные газы. Общие сведения о защитных газах. Классификация защитных газов. Инертные газы: аргон, гелий. Активные газы: углекислый газ, азот. Их свойства и применение. Смеси защитных газов. Окраска и маркировка баллонов для защитных газов. Транспортировка и хранение защитных газов.		
	Практическое занятие 2			
	Расшифровка качественного и количественного состава сварочной проволоки по предложенному заданию, расшифровка надписи этикетки упаковочной пачки электродов. Сравнительная характеристика влияния легирующих элементов на свойства сварочной проволоки		2	ПК 1.2
Тема 1.6. Технология ручной дуговой сварки	**Лекции**			
	1	Техника РДС. Основные положения сварки: нижнее, полувертикальное, вертикальное, полупотолочное, потолочное, полугоризонтальное, горизонтальное, «в лодочку». Возбуждение дуги. Длина дуги. Способы перемещения конца электрода. Правильный выбор угла наклона электрода. Направление сварки. Выбор нужного колебательного движения для данного вида сварки.		
	2	Наплавка валиков, ее сущность и техника выполнения. Способы выполнения шва по длине и сечению: однопроходные, однослойные швы; многопроходные, многослойные швы.		
	3	Способы выполнения швов по длине: напроход и обратноступенчатым способом. Способы выполнения швов по сечению: двойным слоем, секциями, каскадом, блоками, поперечной горкой.	4	
	4	Способы окончания шва. Заварка кратера шва. Особенности выполнения швов в положениях, отличных от нижнего. Меры по предупреждению вытекания металла из сварочной ванны.		
	5	Выбор режима РДС. Выполнение стыковых и угловых швов. Выполнение вертикального, горизонтального и потолочных швов.		
	6	Техника безопасности проведения сварочных работ и меры экологической защиты окружающей среды.		
	Практическое занятие 3			
	Зарисовать схемы способов выполнения швов по сечению		2	ПК 1.2
	Лабораторная работа 3		2	ПК 1.3

	Изучение влияния параметров режима сварки на размеры и форму шва по предложенному заданию			
Тема 1.7. Источники питания для дуговой сварки	**Лекции**		4	ОК 02 ОК 05
	1	Основные требования к источникам питания дуги. Напряжение холостого хода. Короткое замыкание, время восстановления напряжения. Динамические свойства источника питания, режим его работы. Величина номинальных токов в источнике питания.		
	2	Вольтамперные характеристики источника питания. Виды характеристик.		
	3	Сварочные трансформаторы, их классификация и принципы работы. Трансформаторы с нормальным и увеличенным магнитным рассеянием. Устройство, принцип работы, основные неисправности трансформаторов и его расшифровка.		
	4	Общие сведения о сварочных выпрямителях. Полупроводниковые вентили и их особенности их работы в сварочных выпрямителях. Схемы выпрямления. Однопостовые и многопостовые сварочные выпрямители. Техническое обслуживание выпрямителей. Основные неисправности выпрямителей.		
	5	Сварочные преобразователи. Устройство, принцип работы, основные неисправности преобразователей.		
	6	Сварочные агрегаты. Источники питания плазменной дуги. Источники питания дуги с частотным преобразованием. Вспомогательные устройства для источников питания. Требования безопасности труда при работе с источниками питания сварочной дуги.		
	Практическое занятие 4		2	ПК 1.3
	Определение причин основных неисправностей сварочных выпрямителей, способы их устранения. Определение причин основных неисправностей сварочных преобразователей, способы их устранения			
РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ				
Тема 2.1. Оборудование и технология полуавтоматической дуговой сварки плавящим электродом	**Лекции**		4	ОК 01
	1	Общие сведения и классификация сварочных полуавтоматов (толкающего, тянущего и комбинированного типов). Оборудование для полуавтоматической сварки. Устройство полуавтомата и правила эксплуатации. Блок управления полуавтомата и решаемые задачи. Последовательность включения и выключения полуавтомата. Зависимость вылета проволоки от диаметра сварочной проволоки. Шланги полуавтомата. Сварочная горелка полуавтомата. Газовая аппаратура полуавтомата. Источники питания.		
	2	Типовые конструкции полуавтоматов. Особенности конструкции полуавтоматов различных типов. Технические характеристики полуавтоматов и их возможности.		
	3	Технология полуавтоматической сварки в защитном газе. Особенности сварки в углекислом газе и его смесях с другими газами. Сварочная проволока для сварки в углекислом газе. Особенности сварки на постоянном токе обратной полярности. Режимы сварки.		

		Технология сварки в углекислом газе и газовых смесях. Особенности сварки различных сталей. Технология полуавтоматической сварки под флюсом.		
	4	Технология полуавтоматической сварки порошковой и самозащитной проволокой. Особенности сварки порошковой проволокой. Порошковая проволока, применяемая при полуавтоматической сварке в углекислом газе и смесях газов. Самозащитная проволока. Особенности сварки самозащитной проволоки. Режимы и технология выполнения сварки. Требования безопасности при полуавтоматической сварке плавящимся электродом.		
Тема 2.2. Оборудование и технология дуговой автоматической сварки	**Лекции**		2	ОК 01 ОК 07
	1	Общие сведения и классификация автоматов для дуговой сварки. Классификация сварочных автоматов (по типу электрода, способу перемещения, характеру защиты зоны сварки и т.д.).		
	2	Устройство автомата и правила эксплуатации. Комплектование и основные узлы автомата, их назначение и характеристика. Автоматы для сварки под флюсом и в среде защитного газа. Характеристика, возможности и особенности типовых автоматов. Автоматы рельсового типа. Автоматы безрельсового типа. Магнитно-шагающие автоматы. Автоматы подвесного типа. Автоматы с принудительным формированием шва. Принципы работы сварочных автоматов. Газовая аппаратура, применяемая в автоматах для сварки в защитных газах.		
	3	Особенности технологии автоматической сварки. Режимы автоматической сварки под флюсом. Техника автоматической сварки под флюсом. Особенности автоматической сварки в защитных газах. Режимы и техника выполнения автоматической сварки в среде защитных газов.		
	Практическое занятие 5		2	ПК 1.1
	Составление таблицы основных неисправностей полуавтоматов, причин их появления и способов устранения Составление таблицы основных неисправностей в работе сварочных автоматов для дуговой сварки, вероятных причин их образования и способов устранения			
Тема 2.3 Дефекты и контроль сварных швов	**Лекции**		2	ОК 02 ОК 09
	1	Понятие о дефекте, классификация дефектов. Контроль внешним осмотром и измерением. Основные дефекты, выявляемые внешним осмотром. Основные признаки качества шва постоянство его геометрических размеров и внешнего вида, равномерность чешуйчатости шва, цвет околошовной поверхности. Измерение основных геометрических параметров на соответствие ГОСТу и ТУ. Измерительный инструмент.		

	2	Классификация видов технического контроля. Общие сведения о видах контроля качества сварки. Определение качества продукции и контроля качества продукции. Четыре этапа контроля качества продукции и их содержание. Контроль сварных конструкций на всех этапах. Методы контроля, их достоинства и недостатки. Методы неразрушающего контроля сварных соединений. Контроль шва на непроницаемость. Основные методы. Выбор вида контроля в зависимости от типа свариваемой конструкции, доступности шва и характера нагрузок, которые она будет испытывать при эксплуатации		
	Лабораторная работа 4			
	Основные дефекты сварных швов, причины их образования и способы устранения		2	ПК 1.3
Тема 2.4 Деформации и напряжения при сварке	**Лекции**			
	1	Силы, деформации, напряжения и связь между ними. Возникновение напряжений и деформаций при сварке. Причины их возникновения и классификация (на примере стержня).	4	ОК 01 ОК 02
	2	Напряжения, возникающие вследствие структурных превращений в металле.		
	3	Возникновение деформаций при сварке. Виды деформаций: временные и остаточные, местные и общие, в плоскости и вне плоскости сварного соединения. Виды деформаций в плоскости (продольные и поперечные) и вне плоскости (в виде серповидности, грибовидности и угловой деформации) сварного соединения.		
	4	Основные мероприятия по уменьшению напряжений и деформаций при сварке. Конструктивные способы: уменьшение количества швов и их сечения; симметричное расположение; симметричное расположение ребер жесткости; применение профилей; более простые непересекающиеся швы, удобные для выполнения. Технологические способы: рациональная технология сборки и сварки; жесткое закрепление свариваемого узла или изделия; обратный выгиб; силовая обработка в процессе сварки; механическая или термическая правка.		
Тема 2.5 Свариваемость металлов	**Лекции**			
	1	Определение понятия «свариваемость». Свариваемость стали. Влияние различных элементов, входящих в состав стали, на ее свариваемость. Классификация сталей по свариваемости. Проба на свариваемость. Технологическая свариваемость конструкционных материалов. Влияние низких температур на свойства сварных соединений.	2	ОК 02
	Практическое занятие 6			
	Зарисовывание видов деформаций с пояснениями. Расчёт эквивалента углерода для сталей различных марок		2	ПК 1.2
Тема 2.6 Свариваемость металлов	**Лекции**			
	1	Структура сборочно-сварочного цеха. Планировка участка сборочно-сварочного цеха. Размещения оборудования на участках.	4	ОК 02

	2	Транспортные операции в сварочном производстве. Классификация и общие требования к сборочно-сварочные приспособлениям. Типовые специализированные сборочно-сварочные приспособления.		
	3	Понятие о технологическом процессе изготовления сварных конструкций. Пусконаладочные работы и испытания.		
	4	Сварка решетчатых конструкций. Особенности сборки решетчатых конструкций и подготовки к сварке. Последовательность сборки. Особенности сварки решетчатых конструкций. Сварочные материалы.		
	5	Сварка балочных конструкций. Особенности сборки и подготовки к сварке балочных конструкций. Последовательность сборки и сварки. Особенности сварки балочных конструкций. Сварочные материалы. Режимы и технологии сварки.		
	6	Сварка трубных конструкций. Типы стыковых соединений трубных конструкций. Особенности подготовки и сборки под сварку трубных конструкций. Ручная сварка стыковых труб покрытыми электродами. Способы выполнения сварки (сверху-вниз и снизу-вверх). Марки электродов. Порядок выполнения сварки трубных конструкций. Сварка с козырьком, область ее применения. Режимы и технология сварки. Особенности полуавтоматической сварки труб.		
	7	Сварка оболочковых конструкций. Особенности подготовки и сборки под сварку оболочковых конструкций. Порядок сборки и сварки оболочковых конструкций. Сварочные материалы. Режимы и технология сварки.		
	8	Техника выполнения сварочных работ на построечном месте. Разбивка корпуса на узлы и секции, их классификация и краткая характеристика. Технология изготовления основных узлов корпуса судна. Правила и порядок выполнения сварочных работ по формированию корпуса судна из узлов секций и блоков.		
	9	Технология изготовления плоских и объемных секций. Последовательность сборки и режимы сварки. Технология изготовления поперечных и продольных переборок. Особенности выполнения сварки. Технология изготовления фундаментов под основное и вспомогательное оборудование. Требования, оборудование и режимы сварки. Технология изготовления бортовых секций. Особенности и режимы сварки.		
	10	Сборка и сварка секций палубы и надстроек. Изготовление блоков секций и модулей. Последовательность выполнения сварочных работ, контроля качества и оснащения секций и модулей оборудованием и механизмами. Особенности сварочных работ на стапеле.		
	Практическое занятие 7		2	ПК 1.1
	Зарисовка порядка сварки стыков труб с поворотом, неповоротных труб, с козырьком, пояснение. Зарисовка порядка сварки монтажных стыков балок с пояснениями			
	Лабораторная работа 5		2	ПК 1.3

	Определение конструктивных элементов днищевой секции на макете		
Самостоятельная работа		4	
Промежуточная аттестация – зачет			
ИТОГО		72	

3.3. Вопросы итогового контроля знаний по учебной дисциплине

1. Классификация сварных соединений.
2. Отличие ручного и автоматического сварочного оборудования.
3. Виды сварных швов и их обозначения на чертежах.
4. Характеристика сварочных материалов (электроды, флюс, защитные газы).
5. Принципы выбора электродов для сварки сталей различной структуры.
6. Основные виды сварочных аппаратов и их применение.
7. Процесс и стадии сварки плавлением.
8. Преимущества и недостатки различных методов сварки (ручная, полуавтоматическая, автоматическая).
9. Причины возникновения дефектов сварных швов.
10. Методы контроля качества сварных соединений.
11. Современные тенденции в развитии сварочного производства.
12. Безопасность труда при сварочных работах.
13. Факторы, влияющие на свариваемость металлов.
14. Свойства и классификация сварных материалов.
15. Методы предотвращения и уменьшения деформаций при сварке.
16. Особенности сварки нержавеющих сталей.
17. Порядок подготовки металла к сварке.
18. Требования к качеству сварных швов.
19. Влияние различных примесей на свариваемость сталей.
20. Основные методы очистки и подготовки свариваемых поверхностей.
21. Автоматизация сварочного производства и ее перспективы.
22. Экономические аспекты выбора сварочного оборудования.
23. Методы и технологии сварки под водой.
24. Особенности сварки алюминия и его сплавов.
25. Виды термической обработки сварных конструкций.
26. Проблемы экологии и энергосбережения в сварочном производстве.
27. Роль сварщика в обеспечении качества и сроков строительства судов.
28. Нормы расхода сварочных материалов.
29. Современные технологии сварки тонких стенок и малогабаритных конструкций.
30. Особенности сборки и сварки крупных судовых конструкций.
31. Управление качеством сварочных работ.
32. Методы борьбы с трещинообразованием в сварных соединениях.
33. Диагностика и профилактика дефектов сварных швов.
34. Причины порообразования в сварных швах.
35. Роль автоматизации и цифровизации в повышении производительности сварочного производства.
36. Полезные эффекты применения защитной газовой среды при сварке.
37. Преимущества использования порошковой проволоки при сварке.
38. Параметры, влияющие на стабильность сварочной дуги.
39. Современное состояние и перспективы развития плазменной сварки.
40. Пути снижения себестоимости сварочных работ.
41. Влияние температуры окружающей среды на качество сварных соединений.
42. Особенности сварки оцинкованных и лакированных материалов.

43. Методики расчета тепловложения при сварке.

44. Система управления качеством сварочных работ.

45. Ключевые аспекты повышения ресурсоэффективности сварочного производства.

46. Физические и химические процессы, происходящие при сварке.

47. Совершенствование организационно-технических методов сварочного производства.

48. Регламентация и документация, регламентирующие сварочные работы.

49. Тенденции развития сварочного производства в судостроении.

50. Комплексный подход к обеспечению безопасности сварочных работ.

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация учебной дисциплины осуществляется:

Учебная аудитория 7-109: комплект учебной мебели на 100 посадочных мест, наглядно-информационные материалы, мультимедийный проектор

Учебная аудитория 7-107: комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, доска аудиторная, мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор), комплект сборочных единиц, стенды со справочно-информационными данными и с примерами выполнения работ, тестовые материалы, альбом справочных данных, макеты геометрических тел со сквозными отверстиями, чертежный инструмент

Кабинет для самостоятельной работы 7-103: комплект учебной мебели на 6 посадочных мест, 1 компьютер с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно образовательную среду

Сварочный участок: аппараты сварочные; трансформатор сварочный ТСВ-150; углошлифовальная машина; электроды МР-3; электроды МР-4;

Слесарно-механическая мастерская с оснащением: станки двухдисковые шлифовальные; станки сверлильные; станки токарно-винторезные; станки фрезерные; штангенциркули, глубиномеры.

4.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература:

1. Козловский, С. Н. Сварочные технологии : учебное пособие / С. Н. Козловский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022.

2. Овчинников В.В. Технология изготовления сварных конструкций: учебник для СПО М., Москва:Форум 2023г.

3. Овчинников В.В. Производство сварных конструкций: учебник. М., Москва:Форум, 2023 г

4. Черепахин А.А., Андреева Л.П., Латыпова Г.Р., Латыпов Р.А. Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки, резки) покрытыми электродами : учебник / Черепахин А.А., Андреева Л.П., Латыпова Г.Р., Латыпов Р.А.; под редакцией Латыпова Р.А. – Москва : КНОРУС, 2023.

5. Черепахин А.А., Виноградов В.М., Шпунькин Н.Ф. Технология сварочных работ : учебник для СПО / Черепахин А.А., Виноградов В.М., Шпунькин Н.Ф. - Москва : Издательство Юрайт, 2022

Дополнительные источники:

6. Бурмистров, Е. Г. Основы сварки и газотермических процессов в судостроении и судоремонте: учебное пособие для спо / Е. Г. Бурмистров. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 552 с. — ISBN 978-5-8114-6479-1.

7. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: учебное пособие для спо / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 164 с. — ISBN 978-5-8114-6702-0.

Нормативно-правовая база

8. ГОСТ 5264-80 "Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"

9. ГОСТ 14771-76 "Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"

5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

Общая/профессиональная компетенция	**Результаты обучения**	**Формы и методы контроля и оценки результатов обучения**
ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	Умения: - распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части - определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы - выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы - владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах - оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)	Зачет
	Знания: - актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить - структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях - основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте - методы работы в профессиональной и смежных сферах - порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности	Фронтальный опрос
ОК.02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Умения: - определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации - выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска - оценивать практическую значимость результатов поиска - применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач - использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности - использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач	Зачет
	Знания: - номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности - приемы структурирования информации - формат оформления результатов поиска информации - современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и - программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства	Фронтальный опрос
ОК.05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Фе-	Умения: - грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке - проявлять толерантность в рабочем коллективе	Зачет
	Знания:	Фронтальный опрос

дерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	- правила оформления документов - правила построения устных сообщений	
ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	Умения: - определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности - по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производства - организовывать профессиональную деятельность с учетом знаний об изменении климатических условий региона -	Зачет
	Знания: - основные ресурсы, задействованные - в профессиональной деятельности - пути обеспечения ресурсосбережения	Фронтальный опрос
ОК.09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.	Умения: - использовать физкультурно-оздоровительную деятельность для укрепления здоровья, достижения жизненных и профессиональных целей; - применять рациональные приемы двигательных функций в профессиональной деятельности; - пользоваться средствами профилактики перенапряжения, характерными для данной профессии / специальности	Зачет
	Знания: - роль физической культуры в общекультурном, профессиональном и социальном развитии человека; - основы здорового образа жизни; - условия профессиональной деятельности и зоны риска физического здоровья для данной профессии; - правила и способы планирования системы индивидуальных занятий физическими упражнениями различной направленности	Фронтальный опрос
ПК 1.1 Разрабатывать технологическую документацию на технологические процессы изготовления, ремонта, переоборудования, модернизации, сервисного обслуживания, утилизации судов, их составных частей, комплектующих изделий в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации и единой системы технологической документации.	Умения: - технологическим процессам судостроения; - Оформлять техническую документацию при корректировке технологических процессов и режимов производства; - Составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения	Практические занятия 1, 5, 7 Зачет
	Знания: – Технологические методы судостроительного производства - Порядок оформления изменений в технической документации судостроительного производства - Порядок составления пооперационного маршрута по всем операциям технологической последовательности - Элементы разрабатываемой конструкции, технические требования, предъявляемые к ним - Порядок составления материальных карт и ведомостей оснастки по технологическим процессам в судостроении	Фронтальный опрос
ПК 1.2 Рассчитывать нормы и регистрировать расход материально-технических, энергетических ресурсов для осуществления технологических процессов судостроения.	Умения: - Использовать программное обеспечение для выполнения расчетов - Производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении	Практические занятия 2, 3. 6 Зачет
	Знания: - Правила организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства, установленные ЕСТПП - Основы технологии судостроительного производства	Фронтальный опрос
ПК 1.3 Обеспечивать технологическую подготовку производства по реализации технологического процесса.	Умения: - Составлять технические задания на основе технологического процесса - Осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам - Оформлять документацию по управлению качеством продукции - Оформлять техническую документацию по внедрению технологических процессов - Определять показатели технического уровня проектируемых объектов и технологии - Выбирать, проектировать размеры и форму корпусных конструкций конкретного судна согласно Правилам классификации и постройки морских судов - Разбивать корпус судна на отдельные отсеки (по числу главных поперечных переборок) и перекрытия	Практические занятия 4 Лабораторные работы 1-5

	- Выбирать и обосновывать материал судового корпуса и надстроек - Подбирать оборудование и технологическую оснастку для изготовления деталей, сборки и сварки корпусных конструкций - Разрабатывать технические требования к изготовлению деталей, узлов, секций, стапельной сборке - Выбирать и обосновывать систему набора корпуса судна и перекрытий - Разрабатывать технические задания и выполнять расчеты, связанные с проектированием специальной оснастки и приспособлений - Составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест для корпусообрабатывающих, сборочно-сварочных и стапельных цехов -	
	Знания: - Основные факторы, определяющие архитектурно-конструктивный тип судна - Основные положения Правил классификации и постройки судов - Конструктивные особенности современных судов - Внешние нагрузки, действующие на корпус судна - Системы набора, специфики и области применения - Методы технологической проработки постройки корпусных конструкций - Технологические процессы сборки и сварки узлов и секций, применяемого оборудования и оснастки - Методы постройки судов, способы формирования корпуса и их использование - Виды и оборудование построечных мест, их характеристики и применение - Технологический процесс формирования корпуса судна на стапеле секционным и блочным методами - Способы спуска судов на воду, спусковые сооружения и их оборудование - Содержание и организация монтажно-достроечных работ - Виды и содержание испытаний судна - Виды и оборудование судоремонтных организаций - Методы и особенности организации судоремонта - Методы постановки судов в док - Типовые технологические процессы изготовления деталей, предварительная и стапельная сборка корпуса, ремонт и утилизация корпусных конструкций - Средства технологического оснащения, применяемого при изготовлении деталей, предварительной и стапельной сборки корпуса, ремонта и утилизации корпусных конструкций - Виды и структура автоматизированных систем технологической подготовки производства (далее - АСТПП), применяемых в судостроении, пакеты прикладных программ и их использование	Фронтальный опрос Зачет

6. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

Дополнения и изменения в рабочей программе за ____/_____ учебный год

В рабочую программу по дисциплине «Сварочное производство» для специальности 26.02.02 «Судостроение» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании педагогического совета протокол №_____ от «_____»_____ 20__ г.

Зам. директора по УМР _____ _____
(подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ
Директор колледжа
_____ О.В. Жижикина
«29» 01 2026 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

«Сварочное производство»

специальность:
26.02.02 «Судостроение»

Петропавловск-Камчатский
2026

1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Компетенции	Планируемые результаты	Критерии оценивания результатов обучения			
		неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	**Умения**: распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части; определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)	Отсутствие умений выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам, эффективно искать информацию и оценивать результат и последствия своих действий.	Фрагментарные, неполные умения выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам, эффективно искать информацию и оценивать результат и последствия своих действий.	Небольшие пробелы в умении выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам, эффективно искать информацию и оценивать результат и последствия своих действий.	Сформированное умение выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам, эффективно искать информацию и оценивать результат и последствия своих действий.
	Знания: актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте; методы работы в профессиональной и смежных сферах; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.	Отсутствие знаний об основных источниках и ресурсах информации, о методах работы в профессиональной сфере и порядке оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.	Несистемное использование знаний об основных источниках и ресурсах информации, о методах работы в профессиональной сфере и порядке оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.	Небольшие пробелы в знаниях об основных источниках и ресурсах информации, о методах работы в профессиональной сфере и порядке оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.	Сформирована система знаний об основных источниках и ресурсах информации, о методах работы в профессиональной сфере и порядке оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации ин-формации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;	**Умения**: определять задачи для поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска, применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; использовать современное программное обеспечение; использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач.	Отсутствие умений использовать современные средства поиска правовой информации, интерпретации и систематизации правовой информации.	Фрагментарные, неполные умения использовать современные средства поиска правовой информации, интерпретации и систематизации правовой информации.	Небольшие пробелы в умении использовать современные средства поиска правовой информации, интерпретации и систематизации правовой информации.	Сформированное умение использовать современные средства поиска правовой информации, интерпретации и систематизации правовой информации.
	Знания: номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации, современные средства и устройства информатизации; порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности в том числе с использованием цифровых средств.	Отсутствие знаний о правовых информационных источниках, способах структурирования информации и оформлении результатов поиска правовой информации.	Несистемное использование знаний о правовых информационных источниках, способах структурирования информации и оформлении результатов поиска правовой информации.	Небольшие пробелы в знаниях о правовых информационных источниках, способах структурирования информации и оформлении результатов поиска правовой информации.	Сформирована система знаний о правовых информационных источниках, способах структурирования информации и оформлении результатов поиска правовой информации.

ОК.05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	**Умения**: грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке; проявлять толерантность в рабочем коллективе	Отсутствие умений грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке	Фрагментарные, неполные умения грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке	Небольшие пробелы в умении грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке	Сформированное умение грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке
	Знания: правила оформления документов; правила построения устных сообщений.	Отсутствие знаний о правилах оформления документов; правилах построения устных сообщений.	Несистемное использование знаний о правилах оформления документов; правилах построения устных сообщений.	Небольшие пробелы в знаниях о правилах оформления документов; правилах построения устных сообщений.	Сформирована система знаний о правилах оформления документов; правилах построения устных сообщений.
ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	Умения: определять направления ресурсосбережения; в рамках профессиональной деятельности; по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производства; организовывать профессиональную деятельность с учетом знаний об изменении климатических условий региона	Отсутствие умений определять направления ресурсосбережения; в рамках профессиональной деятельности; по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производств.	Фрагментарные, неполные умения определять направления ресурсосбережения; в рамках профессиональной деятельности; по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производств.	Небольшие пробелы в умении определять направления ресурсосбережения; в рамках профессиональной деятельности; по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производств.	Сформированное умение определять направления ресурсосбережения; в рамках профессиональной деятельности; по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производств.
	Знания: основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности; пути обеспечения ресурсосбережения	Отсутствие знаний об основных ресурсах, задействованных в профессиональной деятельности; о путях обеспечения ресурсосбережения.	Несистемное использование знаний об основных ресурсах, задействованных в профессиональной деятельности; о путях обеспечения ресурсосбережения.	Небольшие пробелы в знаниях об основных ресурсах, задействованных в профессиональной деятельности; о путях обеспечения ресурсосбережения.	Сформирована система знаний об основных ресурсах, задействованных в профессиональной деятельности; о путях обеспечения ресурсосбережения.
ОК.09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.	**Умения**: понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы: участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы; строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности; кратко обосновывать и объяснять свои действия (текущие и планируемые); писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы	Отсутствие умений понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы.	Фрагментарные, неполные умения понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы	Небольшие пробелы в умении понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы	Сформированное умение понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы
	Знания: правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; особенности произношения и правила чтения текстов профессиональной направленности	Отсутствие знаний о правилах построения простых и сложных предложений на профессиональные темы	Несистемное использование знаний о правилах построения простых и сложных предложений на профессиональные темы	Небольшие пробелы в знаниях о правилах построения простых и сложных предложений на профессиональные темы	Сформирована система знаний о правилах построения простых и сложных предложений на профессиональные темы

ПК 1.1 Разрабатывать технологическую документацию на технологические процессы изготовления, ремонта, переоборудования, модернизации, сервисного обслуживания, утилизации судов, их составных частей, комплектующих изделий в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации и единой системы технологической документации.	**Умения: С**оставлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам судостроения; оформлять техническую документацию при корректировке технологических процессов и режимов производства; составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения	Отсутствие умений составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам; оформлять техническую документацию; составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения	Фрагментарные, неполные умения составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам; оформлять техническую документацию; составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения	Небольшие пробелы в умении составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам; оформлять техническую документацию; составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения	Сформированное умение составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам; оформлять техническую документацию; составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения
	Знания: технологические методы судостроительного производства; порядок оформления изменений в технической документации судостроительного производства; порядок составления пооперационного маршрута по всем операциям технологической последовательности; элементы разрабатываемой конструкции, технические требования, предъявляемые к ним; порядок составления материальных карт и ведомостей оснастки по технологическим процессам в судостроении	Отсутствие знаний о технологических методах судостроительного производства; порядке оформления изменений в технической документации судостроительного производства	Несистемное использование знаний о технологических методах судостроительного производства; порядке оформления изменений в технической документации судостроительного производства	Небольшие пробелы в знаниях о технологических методах судостроительного производства; порядке оформления изменений в технической документации судостроительного производства	Сформирована система знаний о технологических методах судостроительного производства; порядке оформления изменений в технической документации судостроительного производства
ПК 1.2 Рассчитывать нормы и регистрировать расход материально-технических, энергетических ресурсов для осуществления технологических процессов судостроения.	Умения: использовать программное обеспечение для выполнения расчетов; производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении	Отсутствие умений производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении	Фрагментарные, неполные умения производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении	Небольшие пробелы в умении производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении	Сформированное умение производить расчет экономической эффективности на основе проектируемых технологических процессов в судостроении
	Знания: правила организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства, установленные ЕСТПП; основы технологии судостроительного производства	Отсутствие знаний о правилах организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства	Несистемное использование знаний о правилах организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства	Небольшие пробелы в знаниях о правилах организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства	Сформирована система знаний о правилах организации технологической подготовки и управления технологической подготовкой производства
ПК 1.3 Обеспечивать технологическую подготовку производства по реализации технологического процесса.	**Умения: С**оставлять технические задания на основе технологического процесса; осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам; оформлять документацию по управлению качеством продукции; выбирать и обосновывать материал судового корпуса и надстроек; подбирать оборудование и технологическую оснастку для изготовления деталей, сборки и сварки корпусных конструкций; разрабатывать технические требования к изготовлению деталей, узлов, секций, стапельной сборке	Отсутствие умений составлять технические задания на основе технологического процесса; осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам; оформлять документацию.	Фрагментарные, неполные умения составлять технические задания на основе технологического процесса; осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам; оформлять документацию.	Небольшие пробелы в умении составлять технические задания на основе технологического процесса; осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам; оформлять документацию.	Сформированное умение составлять технические задания на основе технологического процесса; осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам; оформлять документацию.
	Знания: Основные факторы, определяющие архитектурно-конструктивный тип судна; основные положения Правил классификации и постройки судов; конструктивные особенности современных	Отсутствие знаний о факторах, определяющих архитектурно-конструктивный тип судна; основные положения Правил	Несистемное использование знаний о факторах, определяющих архитектурно-конструк-	Небольшие пробелы в знаниях о факторах, определяющих архитектурно-конструктивный тип судна; основные положения	Сформирована система знаний о факторах, определяющих архитектурно-конструктивный тип судна; основные положения

	судов; внешние нагрузки, действующие на корпус судна; системы набора, специфики и области применения; методы технологической проработки постройки корпусных конструкций; технологические процессы сборки и сварки узлов и секций, применяемого оборудования и оснастки; методы постройки судов, способы формирования корпуса и их использование; виды и оборудование построечных мест, их характеристики и применение; технологический процесс формирования корпуса судна на стапеле секционным и блочным методами	классификации и постройки судов; конструктивные особенности современных судов; внешние нагрузки, действующие на корпус судна.	тивный тип судна; основные положения Правил классификации и постройки судов; конструктивные особенности современных судов; внешние нагрузки, действующие на корпус судна.	Правил классификации и постройки судов; конструктивные особенности современных судов; внешние нагрузки, действующие на корпус судна.	Правил классификации и постройки судов; конструктивные особенности современных судов; внешние нагрузки, действующие на корпус судна.

2. Уровень и критерии освоения компетенции, а также показатели и критерии оценки её сформированности

Уровень освоения	Критерии освоения	Показатели и критерии оценки сформированности компетенции
Продвинутый	*Компетенции сформированы* Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено на «отлично». Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин.
Базовый	*Компетенции сформированы.* Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальной оценкой, некоторые виды заданий выполнены с несущественными ошибками. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «хорошо». Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне.
Пороговый	*Компетенции сформированы.* Демонстрируется недостаточный уровень самостоятельности практического навыка	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Качество выполнения заданий оценено преимущественно на «удовлетворительно». Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок.

Низкий	*Компетенции не сформированы* Демонстрируется отсутствие или фрагментарное наличие самостоятельности и практического навыка	Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции.

3. Описание шкал оценивания

Оценка	Результаты
Фронтальный опрос	
Отлично	Ответы на поставленные вопросы излагаются четко, логично, последователь-но и не требуют дополнительных пояснений, делаются обоснованные выводы, демонстрируются глубокие знания базовых нормативных и правовых актов, соблюдаются нормы литературной речи
Хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно, материал излагается уверенно, демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, соблюдаются нормы литературной речи, обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала.
Удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения ответов на поставленные вопросы, демонстрируются поверхностные знания вопроса, имеются затруднения с выводами, допускаются нарушения норм литературной речи.
Неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине, имеются заметные нарушения норм литературной речи, обучающийся допускает существенные ошибки в ответах на вопросы, не ориентируется в понятийном аппарате.
Практические и лабораторные работы	
Отлично	Выставляется обучающемуся, чей результат анализа ситуации оказался наиболее всесторонним, чье решение или расчет оказался наиболее продуманным, логичным и предусматривающим большее количество альтернативных вариантов решений;
Хорошо	Выставляется обучающемуся, использовавшему методику или инструмент анализа с незначительными нарушениями, чья работа имеет незначительные погрешности
Удовлетворительно	Выставляется каждому обучающемуся, чья работа имеет нарушения, но в целом задание выполнено, анализ проведен поверхностно, в том числе с нарушением методики его проведения
Неудовлетворительно	Выставляется каждому обучающемуся, если работа выполнена с нарушением методики его выполнения, результаты не обоснованы, не сделаны выводы, выводы сделаны с грубыми нарушениями и не соответствует поставленной задаче.
Зачет	
Зачтено	выставляется обучающемуся, который усвоил предусмотренный программный материал; правильно, с применением примеров, показал систематизированные знания по темам дисциплины, способен связать теорию с практикой, тему вопроса с другими темами данного курса, других изучаемых дисциплин.
Не зачтено	Выставляется в следующих случаях: 1. Обучающийся не справился с заданием, не может ответить на вопросы, предложенные (поставленные) преподавателем, не обладает целостным представлением об изучаемой теме и ее взаимосвязях. 2. Ответ на вопрос полностью отсутствует. 3. Отказ от ответа.

4. Типовые задания, характеризующие этапы формирования компетенций

4.1 Фронтальный опрос

Фронтальный опрос является одним из наиболее эффективных методов формирования и диагностики компетенций студентов. Этот метод представляет собой коллективную форму взаимодействия между преподавателем и группой учащихся, в ходе которой каждому учащемуся задаются короткие вопросы, направленные на выявление уровня освоения пройденного материала.

Перечень примерных вопросов:

Раздел 1. Сварочное производство

Тема 1.1. Подготовка металла к сварке

1. Перечислите основные виды работ по подготовке металла к сварке.
2. Какие существуют способы разметки и резки металла?
3. Как контролировать правильность сборки деталей под сварку?
4. Какие конструктивные элементы сварных соединений вы знаете?
5. Назовите основные шаблоны для сборки деталей под сварку.

Тема 1.2. Общие сведения о сварке

1. Дайте определение сварки как технологического процесса.
2. Назовите основные виды сварки плавлением и сварки давлением.
3. Какие виды дуговой сварки вы можете назвать?
4. Как классифицируются сварные соединения?
5. Какие геометрические параметры сварных швов вам известны?

Тема 1.3. Оборудование сварочного поста и его обслуживание

1. Перечислите составляющие типового сварочного поста.
2. Какие требования предъявляются к оборудованию сварочного поста?
3. Назовите принадлежности и инструменты сварщика.
4. Какие меры безопасности соблюдают при обслуживании сварочного поста?
5. Как выбрать подходящие принадлежности сварщика в зависимости от величины сварочного тока?

Тема 1.4. Электрическая дуга и ее применение при сварке

1. Дайте определение сварочной дуги.
2. Перечислите процессы, протекающие в катодной зоне дуги.
3. Что такое вольтамперная характеристика сварочной дуги?
4. Назовите условия устойчивого горения сварочной дуги.
5. Чем особенна сварка на переменном токе?

Тема 1.5. Сварочные материалы для дуговой сварки

1. Назовите области применения сварочной проволоки.
2. Какие марки сварочной проволоки используются?
3. Перечислите типы покрытых электродов.
4. Какие составы порошковой проволоки применяются?
5. Что входит в маркировку сварочных электродов?

Тема 1.6. Технология ручной дуговой сварки

1. Перечислите основные положения сварки (нижнее, вертикальное и т.д.).
2. Какие способы выполнения швов по длине и сечению существуют?
3. Чем отличаются способы окончания сварного шва?

4. Перечислите способы предупреждения вытекания металла из сварочной ванны.
5. В чем заключаются меры безопасности при ручной дуговой сварке?

Тема 1.7. Источники питания для дуговой сварки
1. Какие требования предъявляются к источникам питания сварочной дуги?
2. Что такое вольтамперная характеристика источника питания?
3. Перечислите классификации сварочных трансформаторов.
4. Назовите разновидности сварочных выпрямителей.
5. Какие неисправности характерны для сварочных агрегатов?

Раздел 2. Основы взаимозаменяемости

Тема 2.1. Оборудование и технология полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом
1. Что такое сварочный полуавтомат?
2. Назовите типы сварочных полуавтоматов.
3. Какие аппараты применяются для полуавтоматической сварки в защитном газе?
4. В чем особенности сварки порошковой проволокой?
5. Перечислите методы безопасности при полуавтоматической сварке.

Тема 2.2. Оборудование и технология автоматической дуговой сварки
1. Как классифицируются автоматы для дуговой сварки?
2. Как устроены сварочные автоматы?
3. В чем отличия сварки под флюсом и в среде защитных газов?
4. Что такое автомат с принудительным формированием шва?
5. Назовите неисправности сварочных автоматов и способы их устранения.

Тема 2.3. Дефекты и контроль сварных швов
1. Дайте определение дефекта сварного шва.
2. Перечислите основные виды дефектов сварных швов.
3. Какие методы контроля сварных швов вам известны?
4. Как выбрать подходящий метод контроля в зависимости от характера нагрузок?
5. Назовите основные дефекты, обнаруживаемые внешним осмотром.

Тема 2.4. Деформации и напряжения при сварке
1. Чем вызваны деформации и напряжения при сварке?
2. По каким признакам классифицируются деформации сварных соединений?
3. Какие существуют конструктивные способы уменьшения деформаций?
4. Какие технологические способы уменьшают деформации при сварке?
5. Что такое обратный выгиб при сварке?

Тема 2.5. Деформации и напряжения при сварке
1. Что такое свариваемость металла?
2. Как влияют различные элементы на свариваемость стали?
3. Как классифицируются стали по свариваемости?
4. Что такое проба на свариваемость?
5. Как низкие температуры влияют на свойства сварных соединений?

Тема 2.6. Деформации и напряжения при сварке
1. Перечислите транспортные операции в сварочном производстве.
2. Какие приспособления применяются в сборочно-сварочном производстве?
3. Назовите этапы контроля качества сварных конструкций.

4. Какие требования предъявляются к изготовлению сварных конструкций?
5. В чем особенности сварки балочных конструкций?

4.2 Практические занятия

Практические работы являются важным методом формирования профессиональных компетенций у студентов, поскольку они позволяют закрепить теоретические знания, развить навыки самостоятельного принятия решений и повысить готовность к решению реальных проблем в профессиональной деятельности.

Практическое занятие № 1

Тема: «Выбор марки светофильтров по заданным условиям. Зарисовывание строения свободной дуги и распределение напряжений на ее участках»

Задание: Изучить теоретические сведения. В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы теста.

Практическое занятие №2

Тема: «Расшифровка качественного и количественного состава сварочной проволоки по предложенному заданию, расшифровка надписи этикетки упаковочной пачки электродов. Сравнительная характеристика влияния легирующих элементов на свойства сваочной проволоки».

Задание: Изучить теоретические сведения. По заданию преподавателя письменно выполнить расшифровку марки проволоки и электрода по надписи на упаковке. В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №3

Тема: «Зарисовать схемы способов выполнения швов по сечению».

Задания: Изучить теоретические сведения. В тетради для практических работ зарисовать схемы способов выполнения швов по сечению письменно ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №4

Тема: «Определение причин основных неисправностей сварочных выпрямителей, способы их устранения. Определение причин основных неисправностей сварочных преобразователей, способы их устранения».

Задание: изучить принципы работы выпрямителя и преобразователя, их основные неисправности; познакомиться со способами устранения основных неисправностей сварочных выпрямителей и преобразователей; в тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №5

Тема: «Составление таблицы основных неисправностей полуавтоматов, причин их появления и способов устранения Составление таблицы основных неисправностей в работе сварочных автоматов для дуговой сварки, вероятных причин их образования и способов устранения».

Задание: изучить теоретические сведения, в тетради для практических работ письменно составить таблицы основных неисправностей сварочных автоматов и полуавтоматов, ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие №6

Тема: «Зарисовывание видов деформаций с пояснениями. Расчёт эквивалента углерода для сталей различных марок».

Задание: изучить теоретические сведения; в тетради для практических работ письменно выполнить задание преподавателя, зарисовать виды деформаций с пояснениями; рассчитать углеродный эквивалент заданной марки стали и указать категорию ее свариваемости.

Практическое занятие №7

Тема: «Зарисовка порядка сварки стыков труб с поворотом, неповоротных труб, с козырьком, пояснение. Зарисовка порядка сварки монтажных стыков балок с пояснениями.

Задание: изучить теоретические сведения; в тетради для практических работ письменно выполнить задание преподавателя.

4.3 Лабораторные работы

Лабораторная работа №1

Тема: «Конструктивные элементы сварных соединений. Определение последовательности постановки сварочных прихваток по заданным условиям»

Задание:

1. По ГОСТам изучить основные типы сварных соединений и сварных швов.
2. Получить у преподавателя эскиз сварной конструкции с обозначениями сварных швов и соединений, и описать их согласно ГОСТа.
3. Составить эскиз расположения прихваток.
4. Составить отчет.

Лабораторная работа №2

Тема: «Схемы процессов дуговой сварки: покрытыми электродами; в защитных газах; под флюсом. Расшифровка условных обозначений швов сварных соединений по предложенному заданию»

Задание:

1. Изучить устройство и принцип работы полуавтомата для сварки в углекислом газе.
2. Подобрать и рассчитать основные параметры полуавтоматической сварки в среде углекислого газа.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Лабораторная работа №3

Тема: «Изучение влияния параметров режима сварки на размеры и форму шва по предложенному заданию»

Задание:

1. Перечислить и рассмотреть, как влияют параметры режима сварки на размер и форму шва.
2. Выполнить рисунок, на котором отражена зависимость размера и формы шва от параметров режима сварки (выполняем в рабочей тетради).
3. Ответить на контрольные вопросы.

Лабораторная работа №4

Тема: «Основные дефекты сварных швов, причины их образования и способы устранения»

Задание:

1. Ознакомиться с основными дефектами сварных соединений и причинами их появления.
2. Изучить методы контроля качества сварных соединений, ознакомиться с оборудованием для обнаружения дефектов в сварных соединениях.
3. У преподавателя получить образцы с дефектами сварных швов, описать дефект.

4. Составить отчет.

Лабораторная работа №5

Тема: «Определение конструктивных элементов днищевой секции на макете»

Задание:

1.Изучить конструктивные элементы днищевой секции.

2.На макете уметь показать конструктивные элементы.

2.В тетради письменно ответить на контрольные вопросы

1.4 Зачет

Примерные вопросы:

1. Классификация сварных соединений.
2. Отличие ручного и автоматического сварочного оборудования.
3. Виды сварных швов и их обозначения на чертежах.
4. Характеристика сварочных материалов (электроды, флюс, защитные газы).
5. Принципы выбора электродов для сварки сталей различной структуры.
6. Основные виды сварочных аппаратов и их применение.
7. Процесс и стадии сварки плавлением.
8. Преимущества и недостатки различных методов сварки (ручная, полуавтоматическая, автоматическая).
9. Причины возникновения дефектов сварных швов.
10. Методы контроля качества сварных соединений.
11. Современные тенденции в развитии сварочного производства.
12. Безопасность труда при сварочных работах.
13. Факторы, влияющие на свариваемость металлов.
14. Свойства и классификация сварных материалов.
15. Методы предотвращения и уменьшения деформаций при сварке.
16. Особенности сварки нержавеющих сталей.
17. Порядок подготовки металла к сварке.
18. Требования к качеству сварных швов.
19. Влияние различных примесей на свариваемость сталей.
20. Основные методы очистки и подготовки свариваемых поверхностей.
21. Автоматизация сварочного производства и ее перспективы.
22. Экономические аспекты выбора сварочного оборудования.
23. Методы и технологии сварки под водой.
24. Особенности сварки алюминия и его сплавов.
25. Виды термической обработки сварных конструкций.
26. Проблемы экологии и энергосбережения в сварочном производстве.
27. Роль сварщика в обеспечении качества и сроков строительства судов.
28. Нормы расхода сварочных материалов.
29. Современные технологии сварки тонких стенок и малогабаритных конструкций.
30. Особенности сборки и сварки крупных судовых конструкций.
31. Управление качеством сварочных работ.
32. Методы борьбы с трещинообразованием в сварных соединениях.
33. Диагностика и профилактика дефектов сварных швов.
34. Причины порообразования в сварных швах.
35. Роль автоматизации и цифровизации в повышении производительности сварочного производства.
36. Полезные эффекты применения защитной газовой среды при сварке.
37. Преимущества использования порошковой проволоки при сварке.
38. Параметры, влияющие на стабильность сварочной дуги.

39. Современное состояние и перспективы развития плазменной сварки.
40. Пути снижения себестоимости сварочных работ.
41. Влияние температуры окружающей среды на качество сварных соединений.
42. Особенности сварки оцинкованных и лакированных материалов.
43. Методики расчета тепловложения при сварке.
44. Система управления качеством сварочных работ.
45. Ключевые аспекты повышения ресурсоэффективности сварочного производства.
46. Физические и химические процессы, происходящие при сварке.
47. Совершенствование организационно-технических методов сварочного производства.
48. Регламентация и документация, регламентирующие сварочные работы.
49. Тенденции развития сварочного производства в судостроении.
50. Комплексный подход к обеспечению безопасности сварочных работ.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Колледж

Р.М. Трибунская

Сварочное производство

Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ для студентов специальности 26.02.02 *«Судостроение» очная и заочная форма обучения*

Петропавловск–Камчатский
2026 г.

Трибунская Раиса Михайловна

Сварочное производство. Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ для студентов специальности 26.02.02 «Судостроение» – Петропавловск–Камчатский: КамчатГТУ, 2026. – 110 с.

Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ для студентов специальности 26.02.02 «Судостроение» составлены в соответствии с требованиями к освоению основной образовательной программы подготовки выпускников по специальности 26.02.02 «Судостроение» федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

© КамчатГТУ, 2026

© Трибунская Р.М., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА 4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА 4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА 8
3.1 Содержание лекционных занятий 8
3.2 Практические работы 14
Практическая работа № 1 14
Практическая работа №2 20
Практическая работа №3 32
Практическая работа №4 35
Практическая работа №5 41
Практическая работа №6 51
Практическая работа №7 63
3.3 Лабораторные работы 67
Лабораторная работа №1 67
Лабораторная работа №2 85
Лабораторная работа №3 98
Лабораторная работа №4 99
Лабораторная работа №5 105
4.ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ 107
5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ 109

1. **КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА**

ОП.06 «Сварочное производство»

Дисциплина предназначена для изучения студентами специальности 26.02.02 «Судостроение» и входит в общепрофессиональный учебный цикл.

Дисциплина «Сварочное производство» направлена на подготовку специалистов, способных грамотно организовать и выполнять сварочные работы, обеспечивать высокое качество сварных конструкций, развивать навыки анализа и диагностики сварочных процессов, а также решать задачи, связанные с эксплуатацией и ремонтом сварочного оборудования. Дисциплина формирует у студентов знания о физических и химических процессах, протекающих при сварке, умение выбирать материалы и технологии сварки для конкретных задач, навыки организации и проведения сварочных работ, способность диагностировать дефекты сварных швов и устранять их, понимание методик контроля качества сварных соединений, осведомленность о современных технологиях и оборудовании для сварки.

Учебный процесс включает в себя лекционные, лабораторные и практические занятия. Промежуточная аттестация проходит в форме зачёта.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА

Цель дисциплины «Сварочное производство»: изучение сущности и видов сварки, применяемых при постройке судов, оборудования и сварочных материалов, технологии сварки.

Задачи изучения дисциплины

– Обучение основам финансовой математики: получение знаний о процентах, инфляции, кредитной нагрузке, накоплении капитала.

– Развитие навыков бюджетирования и личного финансового планирования: учёт доходов и расходов, составление бюджета, управление долгами и кредитами.

– Формирование представлений о банковских продуктах и услугах: изучение особенностей вкладов, кредитов, пластиковых карт, электронных платежей.

– Привитие навыков инвестирования и сбережения: основы инвестиций, фондовый рынок, страхование, пенсионные накопления.

– Подготовка к принятию самостоятельных финансовых решений: анализ кредитных продуктов, выбор ипотеки, автокредитов, потребительских займов.

– Освоение способов защиты от финансовых угроз: правила безопасной работы с банковскими услугами, борьба с мошенничеством и киберпреступностью.

– Воспитание активной жизненной позиции в вопросах финансовой безопасности и благополучия: осознанное отношение к финансовым обязательствам, ответственность за собственные финансы.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

уметь:

– распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части

– определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы

– выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы

– владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах

– оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)

– определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации

– выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска

– оценивать практическую значимость результатов поиска

– применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач

– использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности

– использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач

– грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке

– проявлять толерантность в рабочем коллективе

– определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности

– организовывать профессиональную деятельность с соблюдением принципов бережливого производства

– понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы

– участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы

– строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности

– кратко обосновывать и объяснять свои действия (текущие и планируемые)

– писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы

– составлять материальные карты и ведомости оснастки по технологическим процессам судостроения;

– оформлять техническую документацию при корректировке технологических процессов и режимов производства;

– составлять пооперационный маршрут обработки деталей и сборки изделий судостроения

– производить расчет подетальных и пооперационных материальных нормативов при разрабатываемой технологии в судостроении

– составлять технические задания на основе технологического процесса

– осуществлять технический контроль соответствия качества объектов производства установленным нормам

– подбирать оборудование и технологическую оснастку для изготовления деталей, сборки и сварки корпусных конструкций

знать:

– актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить

– структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях

– основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте

– методы работы в профессиональной и смежных сферах

– порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности

– номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности

– приемы структурирования информации

– формат оформления результатов поиска информации

– современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и

– программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства

– правила оформления документов

– правила построения устных сообщений

– правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности

– основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности

– пути обеспечения ресурсосбережения

– принципы бережливого производства

– правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы

– основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика)

– лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности

– особенности произношения

– правила чтения текстов профессиональной направленности

– технологические методы судостроительного производства

– порядок оформления изменений в технической документации судостроительного производства

– порядок составления пооперационного маршрута по всем операциям технологической последовательности

– элементы разрабатываемой конструкции, технические требования, предъявляемые к ним

– порядок составления материальных карт и ведомостей оснастки по технологическим процессам в судостроении

– основы технологии судостроительного производства

– правила расчета норм расхода материалов при постройке и ремонте судов, порядок их оформления

– технические требования, предъявляемые к разрабатываемым конструкциям, принципы их работы, условия монтажа и технической эксплуатации

– технологические процессы сборки и сварки узлов и секций, применяемого оборудования и оснастки

– методы постройки судов, способы формирования корпуса и их использование

– виды и оборудование построечных мест, их характеристики и применение

– технологический процесс формирования корпуса судна на стапеле секционным и блочным методами

– содержание и организация монтажно–достроечных работ

– виды и оборудование судоремонтных организаций

– методы и особенности организации судоремонта

– средства технологического оснащения, применяемого при изготовлении деталей, предварительной и стапельной сборки корпуса, ремонта и утилизации корпусных конструкций

– типовые технологические процессы изготовления деталей, предварительная и стапельная сборка корпуса, ремонт и утилизация корпусных конструкций

иметь навык:

– составления материальной карты технологического процесса

– составления пооперационного маршрута обработки деталей и сборки изделий в процессе их изготовления и контроль по всем операциям технологической последовательности

– оформления изменений в технической документации в связи с корректировкой конструкторской документации, ведомостей

– составления пооперационного маршрута обработки деталей и сборки изделий в процессе их изготовления и контроль по всем операциям технологической последовательности

– разработки технологических процессов на простые изделия

– расчета норм расхода материалов, сырья, инструментов и энергии на достапельном, стапельном и достроечном этапах постройки и ремонта судна по разработанным методикам

– расчета подетальных и пооперационных материальных нормативов при разрабатываемой технологии в судостроении

– анализа конструкции объекта производства и конструкторской документации на его изготовление и монтаж

обеспечения технологической подготовки производства по реализации технологического процесса.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

3.1 Содержание лекционных занятий

Раздел 1. Сварочное производство

Тема 1.1. Подготовка металла к сварке

Основные виды и последовательность работ по подготовке металла к сварке. Способы правки, разметки и резки металла. Разделительная и поверхностная резка.

Общее понятие об основных видах резки металлов: кислородная, кислородно–флюсовая, воздушно–дуговая, плазменно–дуговая, механическая. Зачистка подготовленных кромок металла и прилегающих поверхностей.

Контроль правильности сборки деталей под сварку. Конструктивные элементы швов сварных соединений. Форма разделки кромок. Основные понятия зазора, притупления кромки, угла скоса кромки, угла разделки кромок.

Варианты разделки кромок и сборки их под сварку в соответствии с ГОСТом: с отбортовкой; с зазором, но без разделки; с односторонней разделкой; с двухсторонней разделкой. Основные требования к подготовке и зачистке поверхностей металла, подлежащего сварке.

Шаблоны для сборки деталей под сварку. Размеры и последовательность постановки прихваток. Организация рабочего места и требования безопасности при подготовке металла к сварке.

Виды и назначение сборочно–сварочных приспособлений. Средства и приемы измерений линейных размеров, углов, отклонений формы поверхности Дефекты подготовки металла к сварке

Тема 1.2. Общие сведения о сварке

Определение сварки как технологического процесса. Преимущества сварки перед другими способами соединения деталей. Сущность сварки плавлением и давлением. Основные условия сваривания однородных и разнородных металлов.

Основные виды сварки плавлением, их краткая характеристика. Основные виды сварки давлением с общим и местным нагревом и без внешнего нагрева, их краткая характеристика.

Краткая характеристика видов дуговой сварки: покрытыми электродами, в защитном газе, под слоем флюса, порошковой проволокой.

Определение сварного соединения. Термины «сварной» и «сварочный». Классификация типов сварных соединений: стыковое, угловое, тавровое, нахлесточное, торцевое. Достоинства и недостатки стыкового и нахлесточного соединений.

Определение сварного шва. Стыковой шов – стыкового соединения; угловой шов – углового, таврового и нахлесточного соединения. Геометрические параметры сварных швов: усиление шва, глубина провара, катет шва.

Классификация сварных швов: нормальные, выпуклые и вогнутые; продольные, поперечные, комбинированные и косые; непрерывные и прерывистые (цепные и шахматные), прихваточные и точечные; рабочие и соединительные (нерабочие).

Выбор шва в зависимости от действующих на сварную конструкцию внешних нагрузок при эксплуатации (динамических или статических). Условное обозначение швов сварных соединений на чертежах.

Основные ГОСТы, определяющие условное обозначение швов на чертежах. Условное обозначение способов сварки. Конструктивные элементы сварных соединений. Вспомогательные знаки. Упрощения в условных обозначениях швов, разрешаемых ГОСТами.

Тема 1.3. Оборудование сварочного поста и его обслуживание

Сварочные посты. Общие требования к оборудованию сварочного поста, правила эксплуатации. Состав типового сварочного поста (источник питания со щитом включения, сварочный стол и стул, резиновый коврик, автономная вытяжная вентиляция, сварочные провода, заземление, электрододержатель, щиток, ящики для электродов и отходов). Виды сварочных постов (стационарные и передвижные) и их характеристика.

Обслуживание источников питания дуги. Принадлежности и инструмент сварщика. Принадлежности (электрододержатель, щиток, светофильтры, сварочные провода), их характеристика и выбор в зависимости от величины сварочного тока. Инструменты сварщика, их назначение и правила пользования. Требования безопасности труда.

Тема 1.4. Электрическая дуга и ее применение при сварке

Основные сведения об электрической дуге. Понятие электрического разряда. Определение и характеристика сварочной дуги. Классификация сварочных дуг. Строение сварочного дуги и ее особенности.

Процессы, протекающие в катодной, анодной зонах и столбе дуги и их характеристика. Понятие термического эффекта, ионизации, рекомбинации, плазмы и плазменных струй, электрического сопротивления дуги. Влияние степени ионизации на длину дуги. Понятие деионизации столба дуги.

Условия зажигания и горения дуги. Статическая вольтамперная характеристика дуги. Устойчивость горения дуги. Особенности горения дуги на переменном токе. Понятие о сжатой дуге, ее особенности.

Роботы. Основные понятия. Классификация кинематических пар. Виды управления роботом. Области применения роботов. Классификация промышленных роботов. Системы координат промышленных роботов.

Тема 1.5. Сварочные материалы для дуговой сварки

Сварочная проволока: область применения, классификация, требования к ней. Определение и классификация электродов.

Марки сварочной проволоки, обозначение элементов, входящие в ее состав.

Покрытые электроды: определение, назначение электродного покрытия.

Классификация покрытых электродов. Типы электродов и их буквенно–цифровое обозначение. Выбор типа и марки электрода. Расшифровка надписи этикетки упаковочной пачки электродов. Транспортировка и хранение электродов. Условные обозначения покрытых электродов.

Неплавящиеся электроды (угольные, графитовые и вольфрамовые), их характеристика и область применения. Порошковая проволока. Составы порошка, в зависимости от назначения проволоки. Обозначение порошковой проволоки.

Транспортировка и хранение проволоки. Флюсы и защитные газы. Общие сведения о флюсах. Классификация флюсов. Основные марки флюсов. Особенности применения флюсов в сочетании со сварочной проволокой.

Защитные газы. Общие сведения о защитных газах. Классификация защитных газов. Инертные газы: аргон, гелий. Активные газы: углекислый газ, азот. Их свойства и применение. Смеси защитных газов. Окраска и маркировка баллонов для защитных газов. Транспортировка и хранение защитных газов.

Тема 1.6. Технология ручной дуговой сварки

Техника РДС. Основные положения сварки: нижнее, полувертикальное, вертикальное, полупотолочное, потолочное, полугоризонтальное, горизонтальное, «в лодочку». Возбуждение дуги. Длина дуги. Способы перемещения конца электрода. Правильный выбор угла наклона электрода. Направление сварки. Выбор нужного колебательного движения для данного вида сварки.

Наплавка валиков, ее сущность и техника выполнения. Способы выполнения шва по длине и сечению: однопроходные, однослойные швы; многопроходные, многослойные швы.

Способы выполнения швов по длине: напроход и обратноступенчатым способом.

Способы выполнения швов по сечению: двойным слоем, секциями, каскадом, блоками, поперечной горкой.

Способы окончания шва. Заварка кратера шва. Особенности выполнения швов в положениях, отличных от нижнего. Меры по предупреждению вытекания металла из сварочной ванны.

Выбор режима РДС. Выполнение стыковых и угловых швов. Выполнение вертикального, горизонтального и потолочных швов.

Техника безопасности проведения сварочных работ и меры экологической защиты окружающей среды.

Тема 1.7. Источники питания для дуговой сварки

Основные требования к источникам питания дуги. Напряжение холостого хода. Короткое замыкание, время восстановления напряжения. Динамические свойства источника питания, режим его работы. Величина номинальных токов в источнике питания.

Вольтамперные характеристики источника питания. Виды характеристик.

Сварочные трансформаторы, их классификация и принципы работы. Трансформаторы с нормальным и увеличенным магнитным рассеянием. Устройство, принцип работы, основные неисправности трансформаторов и его расшифровка.

Общие сведения о сварочных выпрямителях. Полупроводниковые вентили и их особенности их работы в сварочных выпрямителях. Схемы выпрямления. Однопостовые и многопостовые сварочные выпрямители. Техническое обслуживание выпрямителей. Основные неисправности выпрямителей.

Сварочные преобразователи. Устройство, принцип работы, основные неисправности преобразователей.

Сварочные агрегаты. Источники питания плазменной дуги. Источники питания дуги с частотным преобразованием. Вспомогательные устройства для источников питания.

Требования безопасности труда при работе с источниками питания сварочной дуги.

Раздел 2. Основы взаимозаменяемости

Тема 2.1. Оборудование и технология полуавтоматической дуговой сварки плавящим электродом

Общие сведения и классификация сварочных полуавтоматов (толкающего, тянущего и комбинированного типов). Оборудование для полуавтоматической сварки. Устройство полуавтомата и правила эксплуатации. Блок управления полуавтомата и решаемые задачи. Последовательность включения и выключения полуавтомата. Зависимость вылета проволоки от диаметра сварочной проволоки. Шланги полуавтомата. Сварочная горелка полуавтомата. Газовая аппаратура полуавтомата. Источники питания.

Типовые конструкции полуавтоматов. Особенности конструкции полуавтоматов различных типов. Технические характеристики полуавтоматов и их возможности.

Технология полуавтоматической сварки в защитном газе. Особенности сварки в углекислом газе и его смесях с другими газами. Сварочная проволока для сварки в углекислом газе. Особенности сварки на постоянном токе обратной полярности. Режимы сварки. Технология сварки в углекислом газе и газовых смесях. Особенности сварки различных сталей. Технология полуавтоматической сварки под флюсом.

Технология полуавтоматической сварки порошковой и самозащитной проволокой. Особенности сварки порошковой проволокой. Порошковая проволока, применяемая при полуавтоматической сварке в углекислом газе и смесях газов. Самозащитная проволока. Особенности сварки самозащитной проволоки. Режимы и технология выполнения сварки.

Требования безопасности при полуавтоматической сварке плавящимся электродом.

Тема 2.2. Оборудование и технология дуговой автоматической сварки

Общие сведения и классификация автоматов для дуговой сварки. Классификация сварочных автоматов (по типу электрода, способу перемещения, характеру защиты зоны сварки и т.д.).

Устройство автомата и правила эксплуатации. Комплектование и основные узлы автомата, их назначение и характеристика. Автоматы для сварки под флюсом и в среде защитного газа. Характеристика, возможности и особенности типовых автоматов. Автоматы рельсового типа. Автоматы безрельсового типа. Магнитно–шагающие автоматы. Автоматы подвесного типа. Автоматы с принудительным формированием шва. Принципы работы сварочных автоматов.

Газовая аппаратура, применяемая в автоматах для сварки в защитных газах.

Особенности технологии автоматической сварки. Режимы автоматической сварки под флюсом. Техника автоматической сварки под флюсом. Особенности автоматической сварки в защитных газах. Режимы и техника выполнения автоматической сварки в среде защитных газов.

Тема 2.3 Дефекты и контроль сварных швов

Понятие о дефекте, классификация дефектов.

Контроль внешним осмотром и измерением. Основные дефекты, выявляемые внешним осмотром.

Основные признаки качества шва постоянство его геометрических размеров и внешнего вида, равномерность чешуйчатости шва, цвет околошовной поверхности. Измерение основных геометрических параметров на соответствие ГОСТу и ТУ. Измерительный инструмент.

Классификация видов технического контроля. Общие сведения о видах контроля качества сварки. Определение качества продукции и контроля качества продукции. Четыре этапа контроля качества продукции и их содержание. Контроль сварных конструкций на всех этапах. Методы контроля, их достоинства и недостатки.

Методы неразрушающего контроля сварных соединений. Контроль шва на непроницаемость. Основные методы.

Выбор вида контроля в зависимости от типа свариваемой конструкции, доступности шва и характера нагрузок, которые она будет испытывать при эксплуатации.

Тема 2.4 Деформации и напряжения при сварке

Силы, деформации, напряжения и связь между ними.

Возникновение напряжений и деформаций при сварке. Причины их возникновения и классификация (на примере стержня).

Напряжения, возникающие вследствие структурных превращений в металле.

Возникновение деформаций при сварке. Виды деформаций: временные и остаточные, местные и общие, в плоскости и вне плоскости сварного соединения.

Виды деформаций в плоскости (продольные и поперечные) и вне плоскости (в виде серповидности, грибовидности и угловой деформации) сварного соединения.

Основные мероприятия по уменьшению напряжений и деформаций при сварке. Конструктивные способы: уменьшение количества швов и их сечения; симметричное расположение; симметричное расположение ребер жесткости; применение профилей; более простые непересекающиеся швы, удобные для выполнения. Технологические способы: рациональная технология сборки и сварки; жесткое закрепление свариваемого узла или изделия; обратный выгиб; силовая обработка в процессе сварки; механическая или термическая правка.

Тема 2.5 Свариваемость металлов

Определение понятия «свариваемость». Свариваемость стали. Влияние различных элементов, входящих в состав стали, на ее свариваемость. Классификация сталей по свариваемости. Проба на свариваемость. Технологическая свариваемость конструкционных материалов. Влияние низких температур на свойства сварных соединений.

Тема 2.6 Свариваемость металлов

Структура сборочно–сварочного цеха. Планировка участка сборочно–сварочного цеха. Размещения оборудования на участках.

Транспортные операции в сварочном производстве.

Классификация и общие требования к сборочно–сварочные приспособлениям.

Типовые специализированные сборочно–сварочные приспособления.

Понятие о технологическом процессе изготовления сварных конструкций. Пусконаладочные работы и испытания.

Сварка решетчатых конструкций. Особенности сборки решетчатых конструкций и подготовки к сварке. Последовательность сборки. Особенности сварки решетчатых конструкций. Сварочные материалы.

Сварка балочных конструкций. Особенности сборки и подготовки к сварке балочных конструкций. Последовательность сборки и сварки. Особенности сварки балочных конструкций. Сварочные материалы. Режимы и технологии сварки.

Сварка трубных конструкций. Типы стыковых соединений трубных конструкций. Особенности подготовки и сборки под сварку трубных конструкций. Ручная сварка стыковых труб покрытыми электродами. Способы выполнения сварки (сверху–вниз и снизу–вверх). Марки электродов. Порядок выполнения сварки трубных конструкций. Сварка с козырьком, область ее применения. Режимы и технология сварки. Особенности полуавтоматической сварки труб.

Сварка оболочковых конструкций. Особенности подготовки и сборки под сварку оболочковых конструкций. Порядок сборки и сварки оболочковых конструкций. Сварочные материалы. Режимы и технология сварки.

Техника выполнения сварочных работ на построечном месте. Разбивка корпуса на узлы и секции, их классификация и краткая характеристика. Технология

изготовления основных узлов корпуса судна. Правила и порядок выполнения сварочных работ по формированию корпуса судна из узлов секций и блоков.

Технология изготовления плоских и объемных секций. Последовательность сборки и режимы сварки. Технология изготовления поперечных и продольных переборок. Особенности выполнения сварки. Технология изготовления фундаментов под основное и вспомогательное оборудование. Требования, оборудование и режимы сварки. Технология изготовления бортовых секций. Особенности и режимы сварки.

Сборка и сварка секций палубы и надстроек. Изготовление блоков секций и модулей. Последовательность выполнения сварочных работ, контроля качества и оснащения секций и модулей оборудованием и механизмами. Особенности сварочных работ на стапеле.

3.2 Практические работы

Практическая работа № 1

Тема: «Выбор марки светофильтров по заданным условиям. Зарисовывание строения свободной дуги и распределение напряжений на ее участках»

Цель работы: формирование способности и готовности использовать теоретические знания о строении сварочной дуги и ее технологических характеристиках. Приобретение навыков правильного выбора средств индивидуальной защиты.

Задание:

1. Изучить теоретические сведения.
2. В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы теста.

Порядок выполнения

1. Начертите схему строения сварочной дуги.
2. Опишите свойства сварочной дуги.
3. Опишите классификацию и назначение сварочной дуги.
4. Опишите влияние магнитных полей на сварочную дугу.
5. Опишите сущность прямой и обратной дуги.

Краткие теоретические сведения

Сварочная дуга представляет собой мощный электрический разряд в газах, сопровождаемый выделением значительного количества тепла и света.

Для разогрева катода между ним и анодом (они подключены к источнику сварочного тока) производят кратковременное короткое замыкание электрода на заготовку. После отрыва электрода от изделия с разогретого катода, каким при сварке постоянным током может быть и электрод и изделие (при переменном токе полярность постоянно изменяется), под воздействием электрического поля начинается электронная эмиссия. Электроны, вылетевшие с поверхности катода, направляются к аноду и, сталкиваясь с молекулами и атомами воздуха, ионизи-

руют их. Образуемые в воздушном промежутке отрицательные ионы и электроны перемещаются к аноду, а положительные ионы – к катоду. На поверхности катода и анода осуществляется нейтрализация заряженных частиц и преобразование электрической энергии в тепловую.

Рисунок 1 – Схема горения сварочной дуги

Технологические свойства сварочной дуги:

Если случайно или намеренно разомкнуть электрическую цепь, то в месте разрыва цепи проскакивает электрическая искра. Это явление, представляющее собой прохождение электрического тока через воздух, носит название искрового разряда.

Сварочной дугой называют дугу, представляющую собой длительный устойчивый электрический разряд в газовой среде между электродом и изделием либо между электродами, отличающуюся большим количеством тепловой энергии и сильным световым излучением

Сварочные дуги квалифицируют по следующим признакам:

• по среде, в которой происходит дуговой разряд; на воздухе – открытая дуга, под флюсом – закрытая дуга; в среде защитных газов;

• по роду применяемого электрического тока – постоянная, переменная;

• по типу электрода – плавящаяся, неплавящаяся;

• по длительности горения – непрерывная, импульсная дуга;

• по принципу работы – прямого действия, косвенная дуга, комбинированная или трехфазная.

Для сварки металлов наиболее широко используют сварочную дугу прямого действия, в которой одним электродом служит металлический стержень (плавящийся или неплавящийся электрод), а вторым – свариваемая деталь. К электродам подведен электрический ток – постоянный или переменный.

Теплота, выделяемая сварочной дугой, не вся переходит в сварной шов. Часть теплоты теряется бесполезно на нагрев окружающего воздуха, плавление электродного покрытия.

Мощность сварочной дуги Q зависит от сварочного тока I и напряжения дуги U: $Q=I \cdot U$ (Вт).

Дугу возбуждают двумя способами – касанием или чирканьем. В обоих случаях процесс возбуждения сварочной дуги начинается с короткого замыкания.

При этом в точках контакта увеличивается плотность тока, выделяется большое количество теплоты, и металл плавится. Затем электрод отводят, разрядный промежуток заполняется нагретыми частицами паров металла, и начинается горение дуги.

При отводе электрода от изделия (после короткого замыкания и мгновенного расплавления металла) жидкий мостик металла вначале растягивается, сечение его уменьшается, температура металла повышается, а затем жидкий мостик металла разрывается (рис. 2). При этом происходит быстрое испарение металла, и разрядный промежуток заполняется нагретыми ионизированными частицами паров металла, электродного покрытия и воздуха – возникает сварочная дуга.

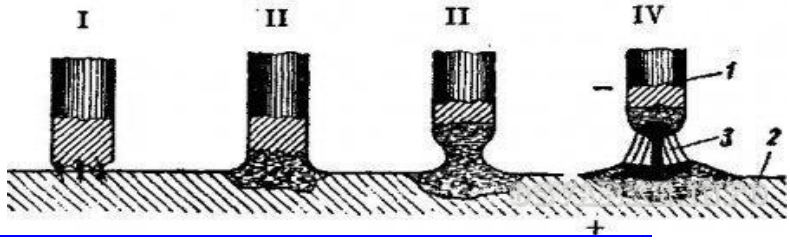


Рисунок 2 Схема возбуждения электрической дуги:
I – короткое замыкание; II – образование жидкого металла; III – образование шейки; IV – возникновение дуги. 1 – электрод; 2 – основной металл; 3 – сварочная дуга

Для повышения устойчивости горения сварочной дуги в электродное покрытие или в защитный флюс вводят элементы (калий, натрий, барий и др.), которые повышают степень ионизации и, следовательно, стабилизации сварочной дуги.

Сварочную дугу можно возбудить без касания электродом свариваемого изделия. Для этого нужно в сварочную цепь параллельно включить источник тока высокого напряжения и высокой частоты (осциллятор). При этом для возбуждения дуги достаточно приблизить конец электрода на расстояние 2–3 мм к поверхности изделия. Дуговой промежуток подразделяется на три основные области (рис. 3):

- катодную;
- анодную;
- столб дуги.

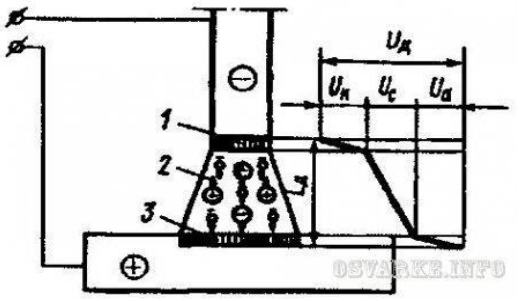


Рисунок 3 Строение электрической дуги и распределение напряжения на ее участках: 1 – катодное пятно; 2 – столб дуги; 3 – анодное пятно

Катодное пятно является источником потока свободных электронов. Температура его для стальных электродов достигает 2400–2600°С. В катодном пятне выделяется около 38% общей теплоты дуги.

Столб дуги представляет собой проводник электрического тока. В нем свободные электроны и отрицательно заряженные ионы движутся к аноду, а положительно заряженные ионы – к катоду. В целом столб дуги не имеет заряда. Он нейтрален, так как в каждом сечении столба одновременно находятся равные количества противоположно заряженных частиц.

В столбе дуги выделяется около 20% общей теплоты дуги. Температура столба дуги зависит от силы сварочного тока и достигает в ее центре 6000–7000°С и более. Температура капли на конце стального электрода приблизительно равна 2150°С, а при перелете ее через дуговой промежуток – 2350°С.

В среднем температура сварочной ванны составляет 1770°С.

Анодное пятно является местом входа и нейтрализации свободных электронов. Оно имеет примерно такую же температуру, как и катодное пятно, но в результате бомбардировки электронами на нем выделяется больше теплоты (примерно 42%), чем на катодном.

Малыми кружочками обозначены электроны, а большими – положительно и отрицательно заряженные ионы.

При работе на постоянном токе возможна прямая и обратная дуга. При прямой полярности «+» на изделии «–» на электроде. При обратной полярности наоборот. При питании сварочной дуги постоянным током обратной полярности катодное и анодное пятна поменяются местами, т. е. катодом будет изделие, а анодом – электрод.

При переменном токе эта смена будет происходить 100 раз в секунду, поэтому дуга на переменном токе горит менее устойчиво, чем на постоянном. При сварке на переменном токе количество теплоты, выделяющиеся на электроде и изделии, будет примерно одинаковым.

Различают по длине короткую и длинную дугу.

Длиной дуги называют расстояние от конца электрода до дна кратера на поверхности металла. Длина дуги определяется диаметром электрода.

Короткой называется дуга, длина которой меньше или равна диаметру электрода.

Ее размеры 2 – 4 мм.

Длинная дуга та, которая больше или равна диаметру электрода. Короткой дугой сваривают, длинной – режут металл.

Кратером называют углубление на поверхности металла в результате давления на него столба дуги.

Чтобы избежать кратера, применяют следующие способы:

- начинают и оканчивают шов на основном металле;
- постепенно удлиняют сварочную дугу и резко ее обрывают отводом в сторону.

В процессе горения дуги жидкий металл с конца электрода переходит в сварочную ванну в виде отдельных капель (капельный способ) и при полуавтоматической сварке струйно.

Перенос капель осуществляется под действием:

- силы тяжести;

- силы поверхностного натяжения;
- электромагнитных сил.

Характер капель зависит от силы сварочного тока. С увеличением силы тока размер капель уменьшается, а число их возрастает.

С уменьшением силы тока размер капли растет и в единицу времени капель становится меньше. Именно это свойство переноса металла и уменьшение силы тока, а также максимально короткая дуга позволяют вести сварку в вертикальном положении.

Влияние магнитных полей на дугу.

Сварочная дуга является гибкой газовой вставкой между электродом и изделием и, как всякий проводник с током, взаимодействует с магнитным полем.

Отклонение столба дуги под действием магнитного поля, наблюдаемое в основном при сварке постоянным током, называется магнитным дутьем (рис. 4). Возникновение его объясняется тем, что в местах изменения направления тока создаются различные напряженности магнитного поля. Это приводит ктклонению дуги в сторону, противоположную большей напряженности.

При сварке переменным током, в связи с тем, что полярность меняется с частотой тока, это явление проявляется значительно слабее.

Магнитное дутье также имеет место при сварке вблизи ферромагнитных масс (железо и сталь). Дуга в этом случае отклоняется в сторону этих масс.

Возникновение магнитного дутья вызывает непровары и ухудшает внешний вид шва.

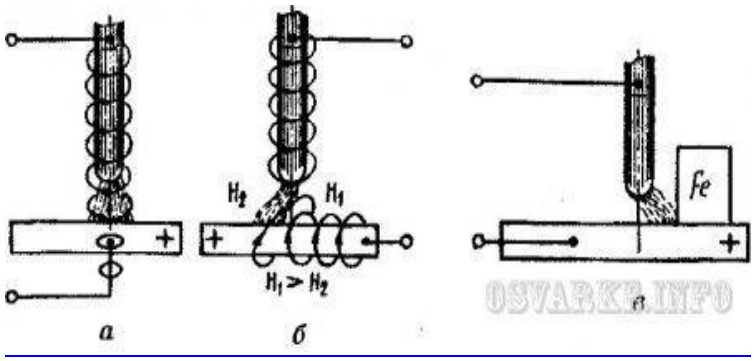


Рисунок 4 – Влияние магнитных полей и ферромагнитных масс на сварочную дугу: а – нормальное положение дуги; б – отклонение дуги под влиянием неравномерной напряженности магнитного поля; в – отклонение дуги под влиянием ферромагнитных масс; Н1 и Н2 – напряженности магнитного поля

Устранить его можно:

- изменением места токоподвода и угла наклона электрода;
- временным размещением дополнительного ферромагнитного материала, создающего симметричное магнитное поле;
- заменой постоянного тока переменным.

Выбор марки светофильтров

Щитки и маски применяют для защиты глаз и лица электросварщика от прямого излучения электрической дуги, брызг расплавленного металла и искр. Их изготовляют по ГОСТ 12.4035 из токонепроводящего, нетоксичного и невоспламеняющегося материала. Стандарт не распространяется на специализированные щитки и маски, предназначенные для работы в труднодоступных местах, в помещениях с повышенной загазованностью и при других особых условиях работы.

Внутренняя сторона корпусов щитков и масок должна иметь матовую гладкую поверхность черного цвета. Щиток имеет ручку овального сечения длиной не менее 120 мм, а маска снабжена устройством, удерживающим ее на наголовнике не менее чем в двух фиксированных положениях, опущенном (рабочем) и откинутом назад. Щитки и маски должны иметь массу не более 0,6 кг. Они комплектуются светофильтрами.

Светофильтр выбирается в зависимости от мощности дуги (сварочного тока).

По ГОСТ 12.4.080 выпускают стеклянные светофильтры следующих марок (см. Таблицу 1):

Таблица 1. Выбор светофильтров по силе сварочного тока.

Светофильтры	Э–1	Э–2	Э–3	Э–4	В–1	В–2	В–3
Сварочный ток, А	30–75	75–200	200–400	> 400	Светофильтры для вспомогательных рабочих		
Классификационный номер	9	10	11	12	2,4	3	4
Марка стекла	ТС–3	ТС–3	ТС–3	ТС–3	ТС–1	ТС–1	ТС–2

По заказу потребителя щитки и маски комплектуются покровным стеклом (за светофильтром) для защиты светофильтра от брызг металла, и защитным стеклом из оргстекла (перед светофильтром), которое защищает от инфракрасного излучения, его нужно 2 – 3 раза в месяц заменять новым. Рамка щитков и масок, предназначенная для установки стекол, должна иметь размеры в свету 40 х 90 мм. Нельзя пользоваться случайными цветными стеклами, так как они не могут надежно защищать глаза от невидимых лучей сварочной дуги, вызывающих хроническое заболевание глаз.

Вопросы для самопроверки

1. Дать определение сварочной дуги.
2. Состав сварочной дуги.
3. Как происходит ионизация в дуге?
4. Как происходит в дуге преобразование электрической энергии в тепловую?
5. Как образуется дуга?
6. По какому параметру выбираются светофильтры шлем–масок электросварщика?

Практическая работа №2

Тема: «Расшифровка качественного и количественного состава сварочной проволоки по предложенному заданию, расшифровка надписи этикетки упаковочной пачки электродов. Сравнительная характеристика влияния легирующих элементов на свойства сварочной проволоки».

Цель работы: изучить систему маркировки сварочных электродов и сварочной проволоки, технологические свойства электродов.

Задание:

1.Изучить теоретические сведения.

2. По заданию преподавателя письменно выполнить расшифровку марки проволоки и электрода по надписи на упаковке.

3.В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить систему маркировки сварочных электродов и проволоки.

2.Ознакомиться с основными требованиями для электродов, применяемых в технологических процессах изготовления сварных конструкций.

3. По заданию преподавателя расшифровать марки электродов с указанием их основных характеристик, параметров и назначения.

Краткие теоретические сведения

Назначение покрытых металлических электродов

Ручная дуговая сварка осуществляется плавящимся электродом, покрытым специальной обмазкой. Металлический стержень электрода включается в цепь сварочного тока для подвода его к дуге и при сварке расплавляется, выполняя роль присадочного металла. Для того, чтобы процесс ручной дуговой сварки проходил наиболее эффективно, сочетая высокую производительность труда с хорошим качеством выполненной работы, при сварке электродом должны обеспечиваться: спокойное устойчивое горение дуги, равномерное расплавление стержня и покрытия, надежная защита жидкого металла и равномерное покрытие ванны шлаком, легкое удаление шлака после затвердевания, удобство выполнения швов в требуемых положениях, отсутствие токсичности и др.

Покрытие электрода должно быть достаточно прочным и не осыпаться при транспортировке и сварке.

Для ручной дуговой сварки электроды представляют собой стержни круглого сечения различной длины и диаметра. Для полуавтоматической и автоматической дуговой сварки в качестве электрода применяют сварочную, порошковую и самозащитную проволоку.

Электроды подразделяются на плавящиеся (из стали, чугуна, алюминия, меди и их сплавов и др.) и неплавящиеся. Неплавящиеся электроды изготовляют из технического вольфрама и его сплавов, угля и графита.

Плавящиеся электроды служат и присадочным металлом.

Проволока стальная сварочная

Для сварки сталей применяется специальная стальная проволока, изготовляемая по ГОСТ 2246–70. Стандарт распространяется на холоднотянутую гладкую проволоку из низкоуглеродистой й легированной стали.

Изготовляют стальную холоднотянутую проволоку круглого сечения диаметрами 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 и 12,0 мм.

Проволока первых семи диаметров предназначена в основном для полуавтоматической и автоматической сварки в защитном газе. Для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом применяют проволоку диаметром 2– 6 мм. Проволока диаметром 1,6–12,0 мм идет на изготовление стержней электродов.

Поверхность проволоки должна быть гладкой, чистой, без окалины, ржавчины, грязи и масла.

Стандартом предусмотрено 77 марок сварной проволоки различного химического состава; выпускается шесть марок низкоуглеродистой проволоки (Св–08, Св–08А, Св–08АА, Св–8ГА, Св–1ОГА и Св–10Г2), 30 марок легированной проволоки (Св–08ГС, Св–12ГС, Св–08Г2С, Св–10ГН, Св– 08ГСМТ, Св–15ГСТЮЦА, Св–20ГСТЮА и др.), 41 марка высоколегированной проволоки (Св–12Х11НМФ, Св–12Х13, Св–10Х17Т и др.).

В легированной стали легирующих элементов содержится от 2,5 до 10 %, в высоколегированной – более 10 %.

Проволоку поставляют в мотках, к каждому мотку прикрепляют бирку, в которой указывается наименование предприятия–изготовителя, наименование (марка) проволоки, ее диаметр, номер ГОСТа. К каждой партии проволоки прилагается сертификат – документ, удостоверяющий соответствие проволоки ГОСТу. В таблице2 приведен химический состав некоторых марок проволоки.

Марки проволоки имеют условное обозначение например Св–08 ГА: первые две буквы означают, что эта проволока сварочная, следующие за ними цифры и буквы характеризуют содержание различных элементов в металле проволоки – первые две цифры – выраженная в сотых долях процента массовая доля углерода, в данной марке она равна 0,08 %. Буква Г указывает на содержание в проволоке марганца, в данном случае 0,8–1,1 %, а буква А – на изготовление ее из высококачественной стали с уменьшенным содержанием вредных примесей (серы и фосфора) и ставится в конце обозначения марки.

Если в конце марки стоят две буквы А (Св–08АА), то значит, что вредных примесей ещё меньше. В других марках после первых двух цифр, указывающих на *содержание углерода,* ставятся буквы и цифры: буквы обозначают содержание отдельных элементов, цифры – их массовую долю в процентах.

Отсутствие цифры после буквенного обозначения Легирующего элемента означает, что этого элемента в материале проволоки менее одного процента. Например, сварочная проволока марки Св–08ХГ2С содержит 0,08 % углерода, до 1 % хрома, до 2 % марганца и до 1 % кремния.

Таблица 2– Химический состав сварочной проволоки некоторых марок (ГОСТ 2246–70)

Вид стали и марка проволоки	Содержание элементов, %							Примерное назначение
	углерод	марганец	кремний	хром	никель	Сера	фосфор не	
Низкоуглероди-стая	не более 0.10	0,35–0,60	не более 0.03	не более 0.15	не более	0,04	0,04	Обычные изделия
Низкоуглеро–дистаяСВ–08А	не более 0.10	0,35–0,60	не более 0.03	не более 0.12	не более 0.25	0,03	0,03	Ответственные изделия
Низкоуглеро– ди-стая Св–08 АА	не более 0.10	0,35–0,60	не более 0.03	не более 0.10	не более 0.25	0,02	0,02	Особо ответст– венные
Низкоуглеро-дистая Св–08ГА	не более 0,10	0,80–1,10	не более 0.03	не более 0,10	не более 0,25	0,03	0,03	Для сварки низ-коуглеро– дистых сталей под флю-сом
Легированная Св–08Г2С	0,05–0,11	1,8–2,1	0,70–0,95	не более 0,20	не более 0,25	0,03	0,03	Для сварки низ-коуглеро дистых сталей в углекис-лом газе
Легированная Св–18ХГС	0,15–0,22	0,8–1,1	0,9–1,2	0,8–1,1	не более 0,30	0,03	0.03	Для сварки низколегиро-ванных сталей в углекислом газе
Высоколегиро-ванная	не более *0,08*	1,0–2,0		18,0–20,0	8.0–10,0 титана	0,02	0,03	Для сварки хро-моникелевой а*устенит*ной

Содержание углерода в сварочной проволоке не превышает 0,12–0,15 %, что снижает склонность металла шва к газовой пористости и образованию твердых закалочных структур. Содержание кремния в углеродистой проволоке составляет менее 0,03 %, так как наличие кремния способствует образованию при сварке пор в металле шва. В таблице 3 даны буквенные обозначения отдельных элементов, которые содержатся в стали и входят в наименование марок электродной проволоки и электродов.

Таблица 3. Обозначение элементов в марках электродной проволоки и типов электродов

Элемент	Буквенное обозначение	Элемент	Буквенное обозначение
Азот	А	Кремний	С
Ниобий	Б	Титан	Т
Вольфрам	В	Ванадий	Ф

Марганец	Г	Хром	Х
Медь	Д	Цирконий	Ц
Молибден	М	Алюминий	Ю
Никель	Н		

Допустимое содержание серы и фосфора также ограниченно (0,04 % каждого элемента), так как они даже при малой концентрации способствуют образованию трещин в сварном шве. Медь и ее сплавы сваривают проволокой и прутками из меди и сплавов на медной основе. Алюминий и алюминиевые сплавы сваривают сварочной проволокой из алюминия и его сплавов. Для сварки других металлов и сплавов применяют сварочную проволоку или стержни, изготовленные либо по ГОСТу на свариваемый металл, либо по техническим условиям. Наиболее распространена для изготовления электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистой и низколегированной стали, низкоуглеродистая проволока. Легированную и высоколегированную проволоку применяют для изготовления электродов, необходимых для сварки, легированной и высоколегированной стали и для наплавочных работ.

Порошковая проволока

Порошковая проволока представляет собой стальную оболочку, наполненную запрессованным в ней порошком. Она применяется как для сварки, так и для наплавки.

В настоящее время изготовляется порошковая проволока в основном пяти типов (рисунок 5). Оболочка порошковой проволоки 1 и 2 типов представляет собой простую трубку; в *3* и *4* типах один или два края стальной ленты заформованы в оболочке, 5 тип выполнен в виде двух разделенных оболочек.

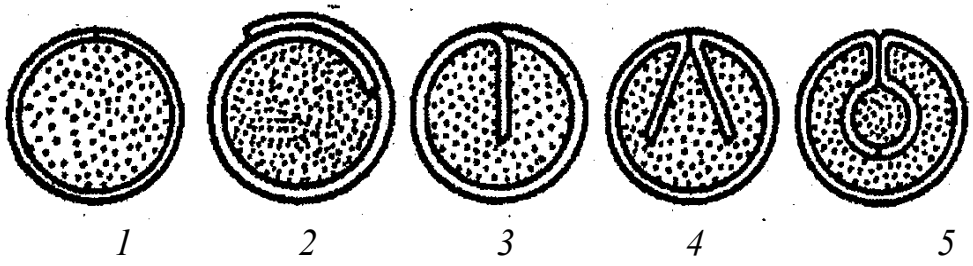


Рисунок 5 Конструкция оболочек порошковых проволок

Порошковая проволока изготовляется диаметром от 1,6 до 3,6 мм. Для нее используется лента из низкоуглеродистой стали марки 08кп холодного проката в состоянии «мягкая» или «особо мягкая». Процесс изготовления порошковой проволоки начинается с удаления смазки с ленты в очистительном приспособлении. Затем лента пропускается через профилирующие устройства и заполняется шихтой. При протягивании через фильер лента сворачивается в трубку и обжимает находящуюся в ней шихту. Проволока проходит последовательно через несколько фильер, постепенно уменьшается в диаметре до необходимого размера, а заполняющий ее порошок уплотняется.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускается порошковая проволока с пятью видами шихты (порошков): рутило–целлюлозная, карбонатно–флюоритная, флюоритная, рутиловая и рутило–флюоритная. Последние два типа порошковой проволоки используют для сварки с дополнительной защитой углекислым газом.

Проволока типов ПП–АН3, ПП–АН7 и ПП–АН 11 с двухслойной оболочкой образует металл шва с лучшими механическими свойствами, чем проволока ПП–АН 1; это позволяет применять ее для сварки ответственных изделий.

Весьма высокое качество металла шва получается при сварке порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом (ПП–АН4, ПП–АН8, ПП–АН9, ПП– АН Ю). Этой проволокой рекомендуется сваривать особо ответственные конструкции, эксплуатация которых происходит в сложных климатических условиях и при значительных динамических и знакопеременных нагрузках.

Одним из достоинств порошковой проволоки является возможность введения в металл шва, повышенного содержания углерода (до 5 %). Так, порошковая проволока для наплавки (Нп) ПП–Нп350Х10БбТ2 обеспечивает содержание углерода в наплавленном металле до 3,5 %. Изготовление сварочной проволоки сплошного сечения с таким содержанием невозможно.

Электроды для ручной дуговой сварки.

Стальной покрытый электрод представляет собой определенных размеров стержень, на поверхность которого опрессовкой или окунанием нанесено специальное покрытие.

Длина стержня в зависимости от его диаметра приводится в таблице 4.

Таблица 4. Размеры электродов

Номинальный диаметр электрода, мм	Номинальная длина электрода со стержнем из сварочной проволоки, мм		Длина зачищенного от покрытия конца электрода, мм (предельное отклонение
	низкоуглеродистой или низколегированной	высоко легированной–ванной	
3	300:350 (450)	250 (300)	25
4	450:350	350(450)	
5	450	350	
6		450	

Ограничение длины стержня связано с потерей его формы из–за нагрева при прохождении по нему сварочного тока.

Электродные покрытия создают при сварке защиту от кислорода и азота воздуха расплавленного металла в процессе переноса его и в самой сварочной ванне, а также стабилизируют горение дуги, очищают металл сварочной ванны от вредных примесей и легируют металл шва для улучшения его свойств.

Покрытие электрода должно быть однородным, плотным, прочным, без трещин, наплывов, вздутий и эксцентричности относительно оси стержня. Допускаются шероховатость и отдельные риски глубиной менее четверти толщины покрытия, вмятины глубиной до половины толщины покрытия на длине не более

12,0 мм, оголенность только с конца электрода на длине не более половины диаметра и другие мелкие дефекты. Прочность покрытия испытывают следующим образом: при падении плашмя на стальную плиту с высоты 1 м электродов диаметром менее 4 мм и с высоты 0,5 м электродов диаметром 4 мм и более покрытие не должно разрушаться.

Влагостойкость покрытия проверяют погружением электрода в воду и выдержкой в течение 24 ч при температуре 15–25°С.

Электроды упаковывают в водонепроницаемую бумагу или полиэтиленовую пленку и пачками массой 3–8 кг укладывают в деревянные ящики. Масса ящика– от 30 до 50 кг. На каждой пачке имеется этикетка, содержащая наименование завода–изготовителя, условное обозначение электрода, область применения, режимы сварки, обработки и механические показатели сварного шва, свойства наплавленного металла и коэффициент наплавки.

Химический состав. металла шва и допустимое содержание серы и фосфора указываются в паспорте электрода. Содержание серы и фосфора в металле сварного шва при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей должно быть не более 0,05 %, при сварке легированных сталей повышенной прочности – не более 0,04 %, Сварные швы высоколегированных сталей должны содержать не более 25 % серы и 0,03 % фосфора.

Все электроды разделяют по типам и маркам. ГОСТ 9467–75 предусматривает 14 типов электродов для сварки конструкционных сталей и 9 типов для сварки теплоустойчивых сталей. Некоторые типы этих электродов приведены в таблицах 5, 6.

Типы электродов для сварки конструкционных сталей обозначают буквой после которой следуют цифры минимального временного сопротивления, наплавленного этим электродом металла в кгс/мм, например электроды Э42 должны гарантировать минимальное временное сопротивление 420 МПа.

Таблица 5. Механические свойства металлов шва, наплавленного при дуговой сварке металлическими электродами для конструкционных сталей

Тип электрода	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$МПа	Металл шва и наплавленный		Угол загиба для металла соединения, свареннго электродами диаметрами менее 3 мм, °град.
		Относительное удлинение	Ударная вязкость, – KCUДж/см^2	
Э38	370	14	29	60
Э42	410	18	78	150
Э46	450	18	78	150
Э50	490	16	69	120
Э42А	410	22	147	180
Э46А	450	22	137	– 180
Э50А	490	20	127	150
Э55	540	20	117	150
Э60	590	18	98	120
Э70	690	14	59	–

Э85	840	12	49	–
это	980	10	49	–
Э125	1225	8	39	–
Э150	1470	6	39	–

Буква А, стоящая после цифр (например, Э46А), означает, что электроды этого типа обеспечивают более высокие пластические свойства наплавленного металла, чем электроды без буквы А. Типы электродов для сварки теплоустойчивых сталей также обозначают буквой Э после которой следуют цифры и буквы характеризующие химический состав металла наплавленного этими электродами. Например, обозначение электродов типа Э–10Х5МФ означает, что в наплавленном металле гарантируется содержание (%) углерода–0,07 – 0.13; хрома – 4 – 5,5; молибдена – 0,35 – 0,65 и ванадия – 0.1 – 0,35.

Таблица 6. Механические свойства металлов шва, наплавленного при дуговой сварке металлическими электродами для легированных теплоустойчивых сталей

Тип электрода Тип электрода	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$ МПа	Ударная вязкость, KCU Дж/см^2
Э09М	440	98
Э09МХ	450	88
Э09Х1М	470	88
Э05Х2М	470	88
Э09Х2М1	490	78
Э09Х1МФ	490	78
Э10Х1М1НФБ	490	69
Э10Х3М1БФ	540	59
Э10Х5МФ	540	59

Примечания: 1. В таблице даны механические свойства металла после термической обработки по режимам, регламентированным техническими условиями или паспортами на электроды конкретных марок.

2.Механические свойства соединений, сваренных электродами, диаметр которых меньше 3 мм, должны соответствовать техническим условиям и паспортам на электроды конкретных марок.

ГОСТ 10052–75* устанавливает типы и основные требования к электродам для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. В нем предусмотрены электроды для сварки коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких высоколегированных сталей, всего 49 типов.

ГОСТ 10051–75* устанавливает типы покрытых металлических электродов для дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Он предусматривает 44 типа электродов с аналогичным обозначением. Кроме регламентированного химического состава установлены требования к твердости наплавленного металла.

Выбор типа электрода производится исходя из условия обеспечения равнопрочности сварного шва и основного металла.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок электродов. Марка электрода – это его промышленное обозначение, как правило, характеризующее состав покрытия.

Электроды делят на две группы: тонкие (стабилизирующие и ионизирующие) и толстые (качественные). Назначение тонкого покрытия – облегчить возбуждение дуги и стабилизировать ее горение. Для этого покрытие составляют из вещества, атомы и молекулы которого обладают низким потенциалом ионизации, т. е. легко ионизируются в воздушном промежутке дуги. Такими веществами являются калий, натрий, кальций, барий, литий, стронций и др. В качестве связующего вещества применяют жидкое стекло, представляющее собой силикат натрия. Покрытие наносят на стержень электрода слоем 0,1–0,25 мм, что составляет 1,5–2 % от массы электрода. Тонкое покрытие не создает защиты для расплавленного металла шва, и поэтому при сварке происходят окисление и азотирование наплавленного металла. Шов получается хрупкий, пористый, с различными неметаллическими включениями. Поэтому электроды с тонким покрытием используют при выполнении неответственных сварных швов.

Электроды с толстым покрытием применяют для получения сварных соединений высокого качества. В состав покрытия входит ряд материалов, которые выполняют определенные функции при сварке. Покрытие образуется из хорошо размолотых и перемешанных материалов, связанных жидким стеклом и нанесенных на стержни под давлением слоем до 2 мм на специальном прессе. Покрытие электрода при сварке плавится несколько позже самого стержня, вследствие чего на конце электрода образуется небольшой «чехольчик» или втулочка, расплавление которой должно быть равномерным; недопустимо одностороннее распределение, которое мешает сварщику поддерживать дугу требуемой длины.

Применяемые для электродного покрытия материалы. разделяют на группы в соответствии с их функциями.

Ионизирующие вещества для снижения эффективного потенциала ионизации, что обеспечивает стабильное горение дуги. В качестве ионизирующих компонентов в покрытия вводят такие вещества, как мел, мрамор, поташ, полевой шпат и др.

Газообразующие вещества, которые при сварке разлагаются или сгорают, выделяя большое количество газов, создающих в зоне дуги газовую оболочку. Благодаря этой оболочке металл шва предохраняется от воздействия атмосферного кислорода и азота. Такими газообразующими веществами являются крахмал, древесная мука, целлюлоза и др.

Раскисляющие вещества, которые обладают большим сродством с кислородом и поэтому восстанавливают металл шва. Раскислителями служат ферросплавы, алюминий, графит и др.

Шлакообразующие вещества, создающие шлаковую защиту расплавленного металла шва, а также капель электродного металла, проходящих через дуговой промежуток. Кроме того, шлаки активно участвуют в металлургических процессах при сварке и способствуют получению качественного шва. В качестве шлако-

образующих веществ применяют полевой шпат, кварц, мрамор, рутил, марганцевую руду и др.

Легирующие вещества, которые в процессе сварки переходят из покрытия в металл шва и легируют его для придания тех или иных физико–механических качеств. Хорошими легирующими веществами являются ферромарганец, ферросилиций, феррохром, ферротитан. Реже применяют различные оксиды металлов (меди, хрома и др.).

Связующие вещества, предназначенные для замеса всех компонентов покрытия в виде пасты, а также для связывания пасты на сердечнике электрода и придания определенной прочности после высыхания покрытия. Таким веществом является жидкое стекло. Реже применяется декстрин.

Электродные покрытия (ГОСТ 9466–75) по виду составов подразделяются на кислые (А), рутиловые (Р), основные (Б), целлюлозные (Ц), прочие (П) и смешанные (БЦ).

Кислые покрытия (АНО–2, СМ–5 и др.) состоят в основном из окислов железа и марганца (обычно в виде руд), кремнезема, ферромарганца.

Рутиловые покрытия (АНО–3, АНО–4, ОЗС–3, ОЗС–4, ОЗС– 6, МР–3, МР–4 и др.) имеют в своем составе преобладающее количество рутила (TiO_2). Например, покрытие электрода марки МР–3 состоит из рутила (50 *%),* талька, мрамора, каолина, ферромарганца, целлюлозы и жидкого стекла. Рутиловые покрытия при сварке менее вредны для дыхательных органов сварщика, чем другие.

Целлюлозные покрытия (ВСЦ–1, ВСЦ–2, ОЗЦ–1 и др.) состоят из целлюлозы, органической смолы, ферросплавов, талька и др.

Основные покрытия (УОНИ–13/45, УП–1/45, ОЗС–2, ДСК–50 и др.) не содержат окислов железа и марганца. Покрытие марки УОНИ–13/45 состоит из мрамора, плавикового шпата, кварцевого песка, ферросилиция, ферромарганца, ферротитана, жидкого стекла.

Кислые покрытия при сварке насыщают металл шва кислородом и водородом в большей степени,чем при сварке с другими видами покрытий. Металл шва, выполненный электродами с основным (фтористокальциевым) покрытием, обладает большей ударной вязкостью,меньшей склонностью к старению и образованию трещин. Этими электродами сваривают особо ответственные изделия из низкоуглеродистой и легированной сталей.

Целлюлозные покрытия удобны при сварке в любом пространственном положении, но дают наплавленный металл пониженной пластичности. Они применяются главным образом для сварки низкоуглеродистой стали малой толщины.

Покрытия, обозначенные буквой П, не имеют явно выраженного кислого, основного, целлюлозного или рутилового состава.

Смешанные покрытия обозначают двойной буквой, например, БЦ – покрытие основного типа со значительным количеством целлюлозы.

При выборе марки электрода для сварки конструкций в монтажных условиях следует учитывать трудность поддержания постоянной длины дуги, что может привести к образованию пор в швах. Электроды с основными покрытиями очень чувствительны к изменению длины дуги. Поэтому при монтажной сварке следует

применять электроды с рутиловым или с рутилоосновным покрытиями (СМ–11, АНО–11).

5.5. Классификация стальных покрытых электродов

Условное обозначение электродов включает марку электрода, диаметр стержня, группу по качеству и номер ГОСТ (рисунок 6).

Электроды покрытые металлические для сварки и наплавки сталей систематизируют следующим образом.

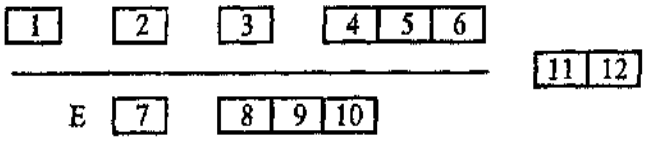


Рисунок 6. Условное изображение электродов:

1 – тип; *2* – марка; *3* – диаметр, мм; *4* – обозначение назначения электродов; 5– обозначение толщины покрытия; *6*– группы электродов; 7– группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по действующим стандартам; *8* – обозначение вида покрытия; *9* – обозначение допустимых пространственных положений сварки и наплавки; *10* – обозначение рода тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания переменного тока частотой 50 Гц; *11* – ГОСТ*12* – обозначение стандарта на типы электродов; *E* – группа индексов наплавляемого металла

По назначению:

— для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа –У (условное обозначение);

— для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву более 600 МПа – Л;

— для сварки легированных теплоустойчивых сталей – Т;

— *для* сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – В;

— для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – Н.

По видам покрытия:

с кислым покрытием – А; с основным покрытием – Б; с целлюлозным покрытием – Ц; с рутиловым покрытием – Р; с покрытием смешанного вида – соответствующее двойное условное обозначение; с прочими видами покрытий – П.

По качеству, т. е. точности изготовления, состояния поверхности покрытия, сплошности выполненного данными электродами металла шва и по содержанию серы и фосфора в наплавленном металле, электроды делятся на группы 1, 2 и 3.

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода к диаметру стержня *D/d* электроды делят:

с тонким покрытием – М, $D/d < 1{,}2$;

со средним покрытием – С, $D/d = 1{,}2 \ldots 1{,}45$;

с толстым покрытием –Д, $D/d = 1{,}45 \ldots 1{,}8$;

с особо толстым – Г, $D/d > 1{,}8$.

По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки:

— для всех положений – 1;

— для всех положений, кроме вертикального сверху вниз – 2;

— для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх – 3;
— для нижнего и нижнего «в лодочку» – 4.
По роду тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц – в соответствии с таблицей 7.

Таблица7.Классификация электродов по роду и полярности тока

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначения
	номинальное	предельные отклонения	
Обратная	_		0
Любая Прямая Обратная	50	±5	1 2 – 3
Любая Прямая Обратная	70	±10	4 5 6
Любая Прямая Обратная	90	±5	7 8 9

Условное обозначение должно быть указано на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами. Например:

$$\frac{Э46А-УОНИ\ 13/45-3.0-УД2}{Е432(5)-Б10}\ ГОСТ\ 9466\text{-}75,\ ГОСТ\ 9467\text{-}75,$$

Э46А – тип электрода, 46 – минимальный гарантируемый предел прочности металла, шва, кгс/мм^2 (4*60* МПа); А – наплавленный металл имеет повышенные пластические свойства;

УОНИ 13/45 – марка электрода; 3,0 – диаметр электрода, мм; У – электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей;

Д2 – с толстым покрытием второй группы качества;

Е 432(5) – группа индексов, указывающих на характеристики наплавленного металла и металла шва;

43 – временное сопротивление разрыву не менее 460 МПа; 2 – относительное удлинение не менее 22 %;

5 – ударная вязкость не менее 34,3 дм/см^2 при температуре минус 40°С;

Б – основное покрытие;

1 – для сварки во всех пространственных положениях;

0 – на постоянном токе обратной полярности.

Широкое распространение получили следующие электроды, назначение которых приводится в таблицах 7.

Электроды УОНИ–13 дают высокое качество металла шва и применяются для сварки ответственных швов из конструкционных сталей. Такие электроды выпускаются нескольких марок: УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, УОНИ–13/65 и УОНИ– 13/85. Цифры после черты означают получаемый–предел прочности металла шва (кгс/мм^2). Сварку можно производить при любом положении шва, но только на постоянном токе обратной полярности. Эти электроды применяют в заводских и монтажных условиях. Коэффициент наплавки электродов типа УОНИ–13 достигает 9,5 г/(А*ч).

Таблица 8. Примеры области применения электродов для сварки сталей

Сталь	Марка электродов
Углеродистая 08,10,20, Ст2, СтЗ, СгЗГ	АН0–4, АНО–6М, ВСЦ–4А, МР–3, 03 С–4, АН 0–18, АНО–24,' УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, ИТС–4С, ТМУ–21У, ЦУ–5, ЦУ–7, ЦУ–8, ЦУ–6, ТМУ–46, ТМУ–50
Ст4,15Л, 20Jl, 25Jl	УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, ИТС–4С, ВСЦ–4А, ЦУ–5, ТМУ–21У, ЦУ–7, ЦУ–8, ТМУ–46, ТМУ–50
Низколегированная конструкционная 15ГС, 16ГС,17ГС, 14ГН, 16ГН, 09Г2С, 10Г2С1,14ХГС, 20ГСЛ,	ВСЦ–4А, ЦУ–5, УОНИ–13/55, ТМУ–21У, ЦУ–7, ЦУ–8, ИТС–4С

Для сварки конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей с учетом их химического состава рекомендуются марки электродов, приведенные в таблице 8.

Хранение электродов на предприятиях осуществляется в специально оборудованных помещениях при температуре не ниже 15^{9}С и относительной влажности не более 50 %. Электроды следует хранить на стеллажах раздельно по маркам и партиям. Помещения должны иметь печь для прокалки электродов при температуре до 450°С и сушильный шкаф с температурой до 150°С и обеспечивать потребность в электродах.

Прокалка электродов может производиться не более трех раз. Если электроды после трех прокалок показали неудовлетворительные сварочно–технологические свойства, то применение их для сварочных работ не допускается. Импортные электроды прокаливают по тому же режиму, что и отечественные с аналогичным типом покрытия. Электроды с основным покрытием, предназначенные для сварки перлитных сталей, следует использовать в течение 5 суток после прокалки, остальные электроды – в течение 15 суток, если их хранят на складе с соблюдением требований. По истечении указанного срока электроды перед применением необходимо вновь прокалить. В случае хранения электродов в сушильном шкафу при температуре 60– 100°С срок их годности не ограничивается.

Контрольные вопросы

1.Какие общие требования предъявляются к покрытым электродам?

2.На какие группы делится сварочная проволока по ГОСТ2246–70?
3.Какой химический состав элементов в проволоке типа Св–06Х25Н12Ю?
4.Каким общим требованиям должно удовлетворять покрытие электродов?
5.Какая разница между типом и маркой электрода?
6.На какие группы делятся покрытия электродов?
7.Что обозначают цифры и буквы в наименованиях типов электродов?

Практическая работа №3

Тема: «Зарисовать схемы способов выполнения швов по сечению»

Цель работы: формирование способности и готовности использовать теоретические знания для выбора рациональной последовательности наложения сварных швов для уменьшения сварочных деформаций.

Задание:

1.Изучить теоретические сведения.

2.В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения:

1На формате А4 схематично изобразите заполнение швов по сечению и способ сварки деталей толщиной 4мм., длиной 200мм.

2На формате А4 схематично изобразите заполнение швов по сечению и способ сварки деталей толщиной 8мм., длиной 600мм.

3На формате А4 схематично изобразите заполнение швов по сечению и способ сварки деталей толщиной 16мм., длиной 1200мм.

Краткие теоретические сведения

Все сварные швы в зависимости от их длины условно разбивают на три группы:

• короткие – до 250 мм;
• средней длины – от 250 до 1000 мм;
• длинные – от 1000 мм и более.

Короткие швы выполняют «на проход» в одном направлении, т. е. при движении электрода от начала шва к концу (рис. 7 а).

При выполнении швов средней длины и длинных возможно коробление изделий. Чтобы избежать этого, швы средней длины выполняют «на проход» от середины к концам (рис. 7 б) или обратноступенчатым способом (рис. 7 в), сущность которого состоит в том, что весь шов разбивают на участки длиной 100–350 мм с таким расчетом, чтобы каждый из них мог быть выполнен целым числом электродов (двумя, тремя и т. д.). При этом переход от участка к участку совмещается со сменой электрода. Каждый участок заваривается в направлении, обратном общему направлению сварки, а последний всегда заваривается «на выход».

Длинные швы выполняют от середины к концам обратноступенчатым спо-

собом (рис. 7 г). В данном случае возможно организовать работу одновременно двух сварщиков.

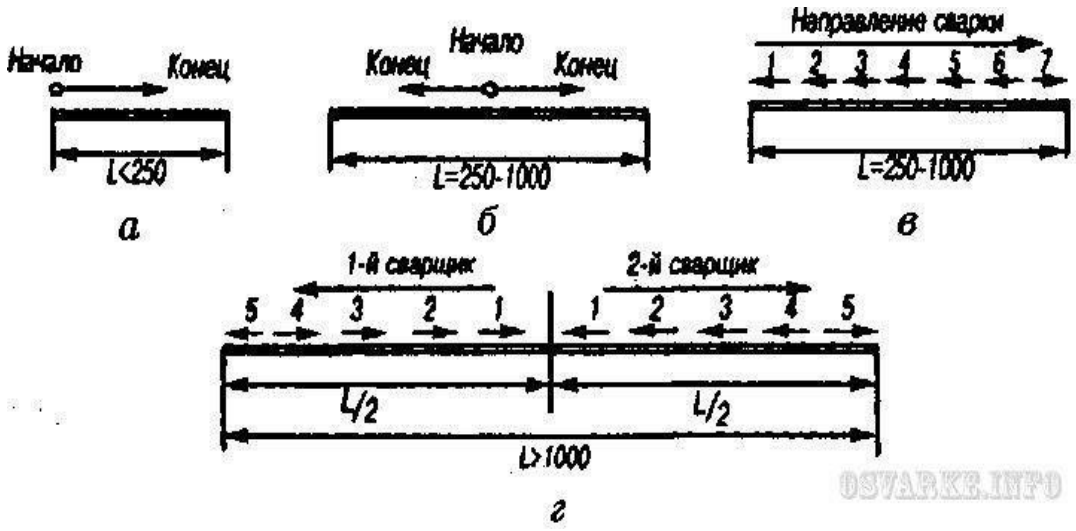


Рисунок 7 – Выполнение швов различной протяженности.

При сварке металла большой толщины шов выполняется за несколько проходов. При этом заполнение разделки может производиться слоями (рис.8 *а)* или валиками (рис 8 б). При заполнении разделки слоями каждый слой шва выполняется за один проход. При заполнении разделки валиками в средней и верхней частях разделки каждый слой шва выполняется за два или более проходов, путем наложения отдельных валиков. С точки зрения уменьшения деформаций из плоскости первый способ предпочтительнее второго. Однако, при сварке стыковых швов не всегда удобно выполнять очень широкие валики в верхней и средней частях разделки. Поэтому на практике 1–й способ чаще применяется при сварке угловых швов, 2–й – стыковых.

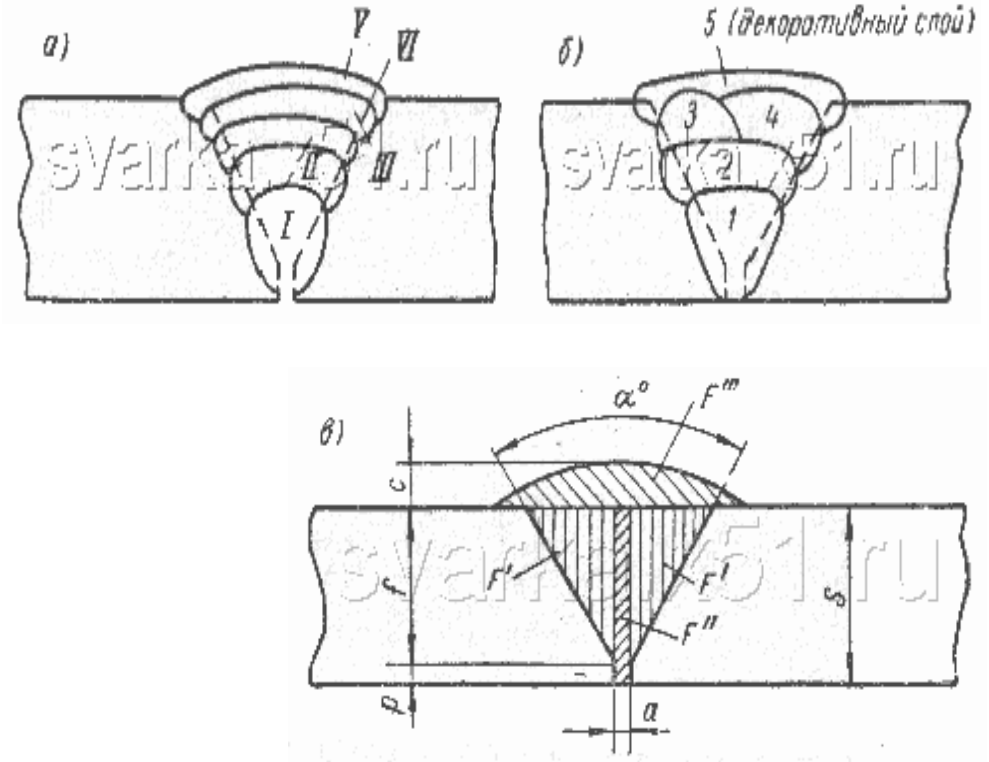


Рисунок 8 Способы заполнения разделки по сечению

а – слоями; *б* – валиками; в – размеры разделки и сечение наплавленного металла

I, II, III... – слои; *1,3,3...* – валики.

При сварке толстого металла выполнение каждого слоя на проход (рис. 9 *а)* является нежелательным, так как это приводит к значительным деформациям, а также может привести к образованию трещин в первых слоях. Образование трещин вызывается тем, что первый слой шва перед наложением второго слоя успевает полностью (или почти полностью) остыть. Вследствие большой разницы в сечениях наплавленного слоя и свариваемого металла все деформации, возникающие при остывании неравномерно нагретого металла, сконцентрируются в металле шва. При этом запас пластичности может оказаться недостаточным, что приведет к трещинообразованию.

Для предотвращения образования трещин заполнение разделки при сварке толстого металла следует производить с малым интервалом времени между наложением отдельных слоев. Это достигается применением каскадного метода заполнения разделки (рис.9 б), или заполнения разделки горкой (рис.9 в).

При каскадном способе заполнения разделки весь шов разбивается на короткие участки, и сварка осуществляется таким образом, что по окончании сварки слоя на данном участке, не останавливаясь, продолжают выполнение следующего слоя на соседнем участке и т. д., как это схематично представлено на рис.9*б.* При этом каждый последующий слой накладывается на не успевший еще остыть металл предыдущего слоя.

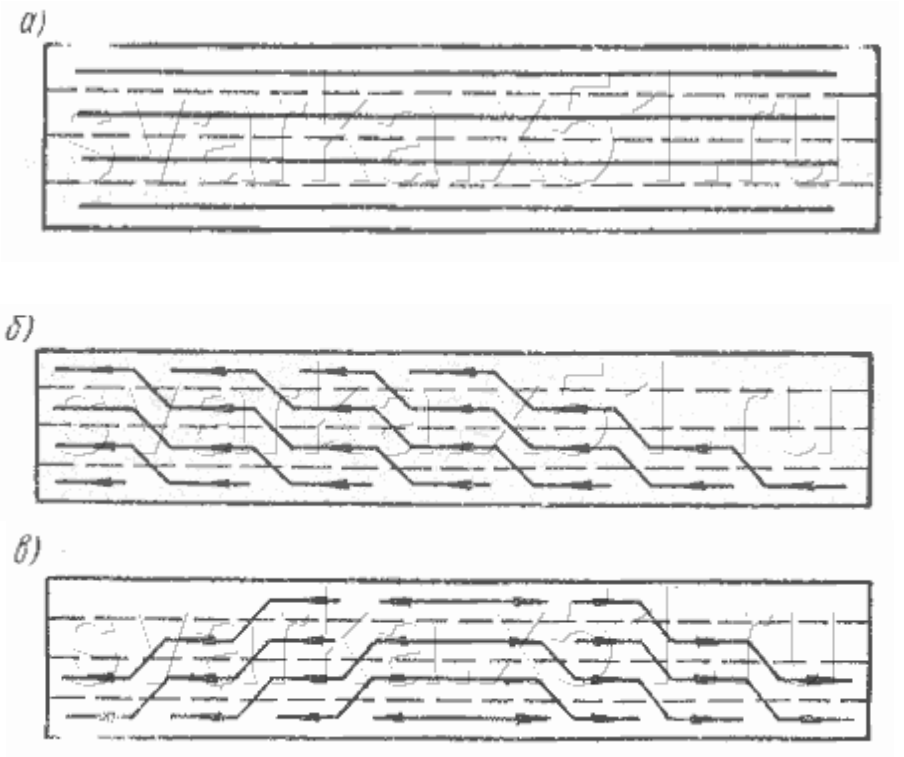


Рисунок 9 Способы заполнения разделки по длине

а – на проход; б – каскадный; *в* – горкой

При каскадном способе заполнения разделки весь шов разбивается на короткие участки, и сварка осуществляется таким образом, что по окончании сварки слоя на данном участке, не останавливаясь, продолжают выполнение следующего слоя на соседнем участке и т. д., как это схематично представлено на рис.9*б.* При этом каждый последующий слой накладывается на не успевший еще остыть металл предыдущего слоя.

Сварка горкой является разновидностью каскадного способа. Обычно сварка горкой ведется от середины шва к краям одновременно двумя сварщиками, как это схематично представлено на рис.9 *в.*

Если по окончании шва сразу оборвать дугу, то образуется незаполненный металлом кратер, который ослабляет сечение шва и может явиться началом образования трещин. Поэтому при окончании шва всегда должна производиться заварка кратера, которая осуществляется сваркой в течение некоторого времени без перемещения электрода вдоль свариваемых кромок, а затем постепенным удлинением дуги до ее обрыва.

Контрольные вопросы:

1.Какие существуют способы заполнения разделки по сечению?

2.Причиры образования трещин при разделки по сечению?

3.Методы предотвращения образования трещин при заполнении разделки толстого металла?

4. Как производится сварка горкой?

5. Приемы выполнения сварного шва средней длинны и длинного, во избежании коробления?

Практическая работа №4

Тема: «Определение причин основных неисправностей сварочных выпрямителей, способы их устранения. Определение причин основных неисправностей сварочных преобразователей, способы их устранения».

Цель работы: научиться определять причины основных неисправностей сварочных выпрямителей и преобразователей, а также познакомиться со способами их устранения.

Задание:

1.Изучить принципы работы выпрямителя и преобразователя, их основные неисправности.

2.Познакомиться со способами устранения основных неисправностей сварочных выпрямителей и преобразователей.

3.В тетради для практических работ письменно ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения

1.Изучить теоретический материал.

2. Письменно в тетради ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

К источникам питания для сварки (сокращенно ИП) относятся устройства, преобразующие переменный ток с промышленной частоты 50 Гц (в РФ) в постоянный, а также генераторы, которые самостоятельно создают электроэнергию с требуемыми характеристиками.

При выполнении электродуговой сварки должна обеспечиваться высокая величина тока при небольшом напряжении питания. Для этого необходимо снизить напряжение промышленной или бытовой электросети. Идеальным вариантом станет приведение его в диапазон, который соответствует специфике проводимых сварочных работ. Поэтому источники питания переменного тока для сварки должны соответствовать определенным требованиям.

Основное различие между источниками питания для сварки, от которых зависят их технические характеристики, масса, размеры и область применения, заключается в принципе преобразования электрического тока.

Источники питания для сварки применяемые в настоящее время? По названному выше параметру все они делятся на:

-трансформаторы;

-выпрямители;

-преобразователи;

-инверторы.

Отдельную категорию составляют генераторы, которые являются первичными источниками электроэнергии, т. е. не преобразуют ток, а самостоятельно его вырабатывают.

Большая часть генераторов создается на базе бензиновых или дизельных двигателей внутреннего сгорания. Преимущество первых заключается в их меньшей стоимости, вторых – в большей мощности и ресурсе.

Выпрямитель

Основное назначение выпрямителей заключается в том, чтобы преобразовывать переменный ток в постоянный. Для выполнения этой задачи используются специальные селеновые или кремниевые полупроводниковые элементы.

Такие ИП для проведения сварочных работ как выпрямители обладают множеством достоинств:

-бесшумной работой;

-более высоким КПД по сравнению с трансформаторами;

-широким диапазоном применения (подходят для сварки любых металлов и сплавов);

-незначительными потерями на холостом ходу;

-относительно небольшими размерами и весом;

-малым потреблением электроэнергии.

Основные недостатки выпрямителей:

-значительное нагревание аппарата в процессе сварки, как следствие, необходимость качественной системы охлаждения и контроль над ее работой;

-повышенная чувствительность к перепадам напряжения во внешней сети;

-более высокая стоимость по сравнению с трансформаторами.

Принцип работы сварочного выпрямителя

Сварочные выпрямители собирают по двум наиболее распространенным схемам: однофазной мостовой двух полупериодного выпрямления и трехфазной мостовой (рис.10) .

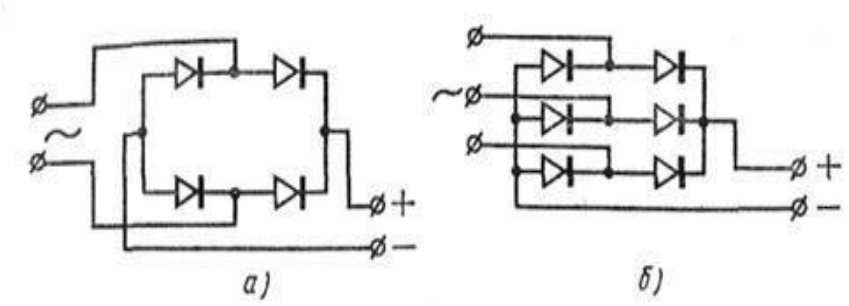


Рисунок 10 – Принципиальные типовые схемы выпрямителей: а – однофазная мостовая, б – трехфазная мостовая

Наиболее распространена трехфазная мостовая схема выпрямления, которая обеспечивает большую устойчивость горения сварочной дуги при меньшем количестве вентилей при одинаково заданных значениях выпрямленного напряжения и тока, более равномерную загрузку всех трех фаз силовой сети и лучшее использование трансформатора сварочного выпрямителя.

При работе выпрямителя по этой схеме в каждый данный момент времени ток проводят только два элемента, соединенные последовательно с нагрузкой. Таким образом, в течение одного периода получается шесть пульсаций тока.

Сварочные выпрямители, в зависимости от внешних характеристик, можно разделить на три типа: с крутопадающими характеристиками с жесткими (или пологопадающими) характеристиками универсальные, обеспечивающие получение падающих, жестких и пологопадающих характеристики.

Эксплуатация выпрямителей. Перед началом работы на выпрямителе следует проверить сопротивление изоляции (лучше всего мегомметром). На первичном контуре оно должно быть не ниже 1 МОм, на вторичном не меньше 0,5 МОм. В случае понижения сопротивления изоляции выпрямитель необходимо просушить (внешним нагревом, обдувая теплым воздухом). Температура обмоток при сушке не должна превышать 100 °С.

Выпрямитель, не эксплуатировавшийся больше 1 года, следует перед работой включить на 20 минут на напряжение, равное половине номинального, а затем на 4 часа на номинальное напряжение без нагрузки. Это необходимо сделать для подформовки полупроводниковых элементов.

Выпрямители необходимо укрывать от атмосферных осадков и беречь от сырости. Один раз в месяц следует очищать от грязи и сырости, продувая сжатым сухим воздухом. Один раз в полгода трущиеся части смазывать тугоплавкой смазкой.

При периодических осмотрах необходимо устранять все мелкие неисправности, проверять контакты, следить за работой вентилятора (при работе на двух фазах вентилятор может быстро сгореть и вывести из строя выпрямитель). Один

раз в три месяца следует тщательно очищать полупроводниковые элементы от пыли и грязи с помощью сжатого воздуха.

Выпрямитель снабжается тепловой защитой, при выходе которой из строя особенно тщательно следует вести наблюдение за нагрузкой в сварочной цепи, которая не должна превышать нагрузок, указанных в паспорте, чтобы не допускать перегрева выпрямителя.

В процессе эксплуатации выпрямителей встречаются следующие *неисправности:*

-выпрямитель дает пониженное напряжение холостого хода и почти вдвое меньший сварочный ток – это происходит из-за сгорания одного из предохранителей в первичной цепи выпрямления, плохого поджатия контактов магнитного пускателя, недостаточного завинчивания гаек доски переключений;

-выпрямитель не дает напряжения – это происходит в результате засасывания охлаждающего воздуха не со стороны жалюзи, заедания в реле контроля вентиляции или прекращения работы вентилятора.

Преобразователи

Сварочный преобразователь представляет собой комбинацию электродвигателя переменного тока и сварочного генератора постоянного тока. Электрическая энергия сети переменного тока преобразуется в механическую энергию электродвигателя, вращает вал генератора и преобразуется в электрическую энергию постоянного сварочного тока. Поэтому КПД преобразователя невелик: из-за наличия вращающихся частей они менее надежны и удобны в эксплуатации по сравнению с выпрямителями.

Принцип их работы схож с функционированием генераторов, получающих питание от бензинового или дизельного двигателя внутреннего сгорания.

Основное достоинство этих ИП для выполнения сварочных работ заключается в их нечувствительности к перепадам напряжения, на выходе всегда получается ток со стабильными характеристиками.

Недостатками преобразователей являются:

-значительный вес (до 500 кг);

-потребность в регулярном техническом обслуживании, обусловленная конструктивными особенностями оборудования, в том числе наличием быстровращающихся деталей;

-невысокий коэффициент полезного действия, связанный с существенными затратами энергии на раскрутку вала электродвигателя.

Также важно обратить внимание на то, что в схеме имеется коллектор. Так как работа генератора основана на электромагнитной индукции, то он будет производить переменный ток, который и будет преобразовываться в постоянный при помощи коллектора. Если говорить о принципе работы сварочного преобразователя, то не стоит путать его с такими приборами, как выпрямитель или инвертор.

Конечный результат у всех трех устройств одинаковый, но вот суть их работы сильно отличается. Наибольшее отличие заключается в том, что в преобразователе осуществляется более длинная цепочка преобразования. Так как перемен-

ный ток сначала преобразуется в механическую энергию и лишь потом в постоянный ток.

Для питания электрической дуги постоянным током выпускаются передвижные и стационарные сварочные преобразователи. На рис. 11 показано устройство однопостового сварочного преобразователя ПСО-500, выпускаемого серийно нашей промышленностью.

Однопостовой сварочный преобразователь состоит из двух машин: из приводного электродвигателя *2* и сварочного генератора постоянного тока, расположенных в общем корпусе 1. Якорь *5* генератора и ротор электродвигателя расположены на общем валу, подшипники которого установлены в крышках корпуса преобразователя. На валу между электродвигателем и генератором находится вентилятор *3,* предназначенный для охлаждения агрегата во время его работы.

Якорь генератора набран из тонких пластин электротехнической стали толщиной до 1 мм и снабжен продольными пазами, в которых уложены изолированные витки обмотки якоря. Концы обмотки якоря припаяны к соответствующим пластинам коллектора *6.* На полюсах магнитов насажены катушки *4* с обмотками из изолированной проволоки, которые включаются в электрическую цепь генератора.

Преобразователь работает по принципу электромагнитной индукции. При вращении якоря 5 его обмотка пересекает магнитные силовые линии магнитов, в результате чего в обмотках якоря наводится переменный электрический ток, который при помощи коллектора *6* преобразуется в постоянный; с щеток токосъемника 7, при нагрузке в сварочной цепи, ток течет с коллектора к зажимам *9.*

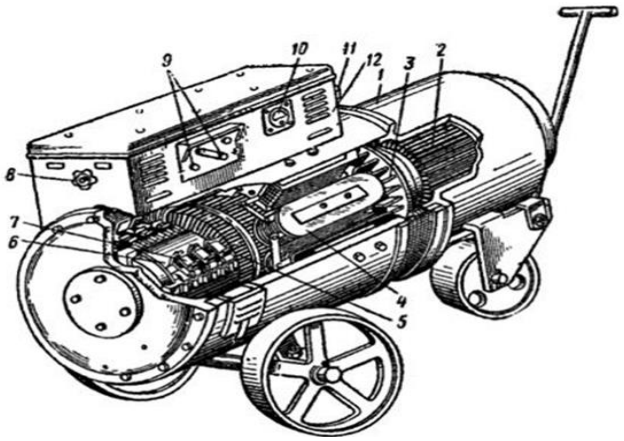


Рисунок 11 Схема сварочного преобразователя ПСО-500
1-Корпус; 2-Электродвигатель; 3-Вентелятор; 4-Катушки полюсов; 5-Якорь полюсов; 6-Коллектор; 7-Токосъемники; 8- Маховичок для регулирования тока; 9-сварочные клеммы; 10-Амперметр; 11-Пакетный выключатель; 12-Коробка пускорегулирующей и контрольной аппаратуры преобразователя

Пускорегулирующая и контрольная аппаратура преобразователя смонтирована на корпусе *1* в общей коробке *12.*

Преобразователь включается пакетным выключателем *11.* Плавное регулирование величины тока возбуждения и регулирование режима работы сварочного генератора производят реостатом в цепи независимого возбуждения маховичком*8.* С помощью перемычки, соединяющей дополнительный зажим с одним из положительных выводов от последовательной обмотки, можно устанавливать сварочный ток для работы до 300 и до 500 А. Работа генератора на токах, превышающих верхние пределы (300 и 500 А), не рекомендуется, так как возможен перегрев машины и нарушится система коммутации.

Величина сварочного тока определяется амперметром *10,* шунт которого включен в цепь якоря генератора, смонтированного внутри корпуса преобразователя.

Обмотки генератора выполняют из меди или алюминия. Алюминиевые шины армируют медными пластинками. Для защиты от радиопомех, возникающих при работе генератора, применен емкостный фильтр из двух конденсаторов.

Перед пуском преобразователя в работу необходимо проверить заземление корпуса; состояние щеток коллектора; надежность контактов во внутренней и внешней цепи; штурвал реостата повернуть против часовой стрелки до упора; проверить, не касаются ли концы сварочных проводов друг друга; установить перемычку на доске зажимов соответственно требуемой величине сварочного тока (300 или 500 А).

Пуск преобразователя осуществляется включением двигателя в сеть (пакетным выключателем *11).* После подсоединения к сети необходимо проверить направление вращения генератора (если смотреть со стороны коллектора, ротор должен вращаться против часовой стрелки) и в случае необходимости поменять местами провода в месте их подключения к питающей сети.

Для пояснения принципа работы сварочного преобразователя рассмотрим упрощенную электрическую схему преобразователя ПСО-500 (рис.12). Асинхронный электродвигатель 1 с коротко-замкнутым ротором имеет три обмотки статора, включенные по схеме «звезда» (380 в). Пакетный выключатель 2 служит для включения электродвигателя в сеть трехфазного переменного тока напряжением 380 в. Четырех полюсный сварочный генератор 8 имеет обмотку 5 независимого возбуждения и последовательную размагничивающую обмотку 7, обеспечивающую падающую внешнюю характеристику генератора. Обмотки 5 и 7 расположены на разных полюсах. Независимая обмотка возбуждения 5 питается постоянным током от селенового выпрямителя 4, включенного в сеть питания обмоток электродвигателя через стабилизатор напряжения (однофазный трансформатор) 3 и включается одновременно с пуском электродвигателя.

Сварочный ток регулируется реостатом 6, включенным в цепь независимой обмотки возбуждения 5. Величина тока измеряется амперметром 9. Сварочная цепь подключается к зажимам доски 10, на которой имеется перемычка, переключающая секции последовательной обмотки 7 на два диапазона сварочного тока: до 300 а и до 500 а. Конденсаторы 11 устраняют радиопомехи, возникающие при работе преобразователя.

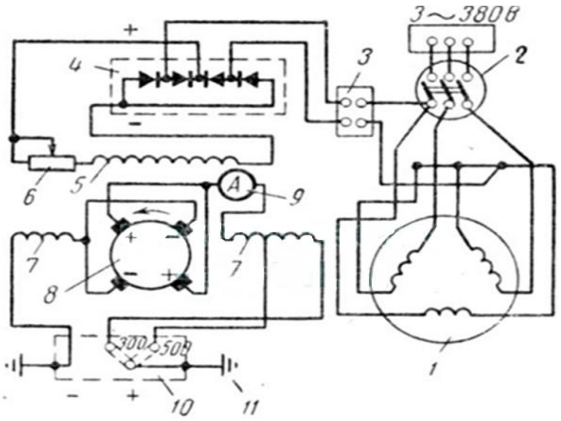


Рисунок12 Принципиальная электрическая схема сварочного преобразователя ПСО-500

1- Асинхронный электродвигатель; 2- Пакетный выключатель; 3- Стабилизатор напряжения; 4- Селеновый выпрямитель; 5-обмотка независимым возбуждением; 6- Регулируемый реостат; 7- Последовательная размагничивающая обмотка; 8- Четырех полюсный сварочный генератор; 9-Амперметр; 10- зажимы доски; 11- Конденсаторы

Контрольные вопросы

1.Основное различие между источниками питания для сварки?

2.Основное назначение выпрямителей, их достоинства и недостатки?

3.Определение причин неисправностей выпрямителей?

4.Способы устранения неисправностей выпрямителей?

5.Технические характеристики и область применения преобразователей?

6.В чем состоит принцип преобразования электрического тока в преобразователе?

7.Определение основных причин неисправностей преобразователей?

8. Способы устранения основных неисправностей преобразователей?

Практическая работа №5

Тема: «Составление таблицы основных неисправностей полуавтоматов, причин их появления и способов устранения Составление таблицы основных неисправностей в работе сварочных автоматов для дуговой сварки, вероятных причин их образования и способов устранения».

Цель работы: научиться определять причины появления основных неисправностей сварочных полуавтоматов и автоматов, а также познакомиться со способами их устранения.

Задание:

1.Изучить теоретические сведения.

2.В тетради для практических работ письменно составить таблицы основных неисправностей сварочных автоматов и полуавтоматов, ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

Таблицы с основными неисправностями сварочных полуавтоматов, причинами их возникновения и способами устранения могут включать проблемы в сва-

рочном механизме, неисправности горелки, неисправности блока управления и проблемы с кабелем.

Важно: все сварочные полуавтоматы снабжены инструкциями по эксплуатации и обслуживанию, где прописаны наиболее распространённые неисправности, их возможные причины и способы устранения.

Неисправности сварочного механизма

Не зажигается дуга. Причины:

-плохой контакт зажима массы (зажим плохо закреплён или контактная поверхность загрязнена);

-неисправность подачи сварочной проволоки (наматывание проволоки на подающий ролик, закупорка канала подачи, истощение катушки);

-слишком низкий или высокий сварочный ток (если ток слишком низкий, дуга не сможет зажечься, а при чрезмерном – проволока будет перегреваться и сгорать ещё до контакта с деталью).

Способ устранения:

-очистить место крепления зажима массы от ржавчины, краски, масла или грязи;

-проверить подающий механизм, устранить заедания, очистить канал подачи и заменить катушку, если проволока закончилась;

-настроить силу тока в соответствии с диаметром и типом проволоки (использовать таблицы параметров, предоставляемые производителем сварочного аппарата).

Иллюстрации основных элементов сварочного механизма сварочного полуавтомата представлена на рис.13:

Профессиональный сварочный полуавтомат

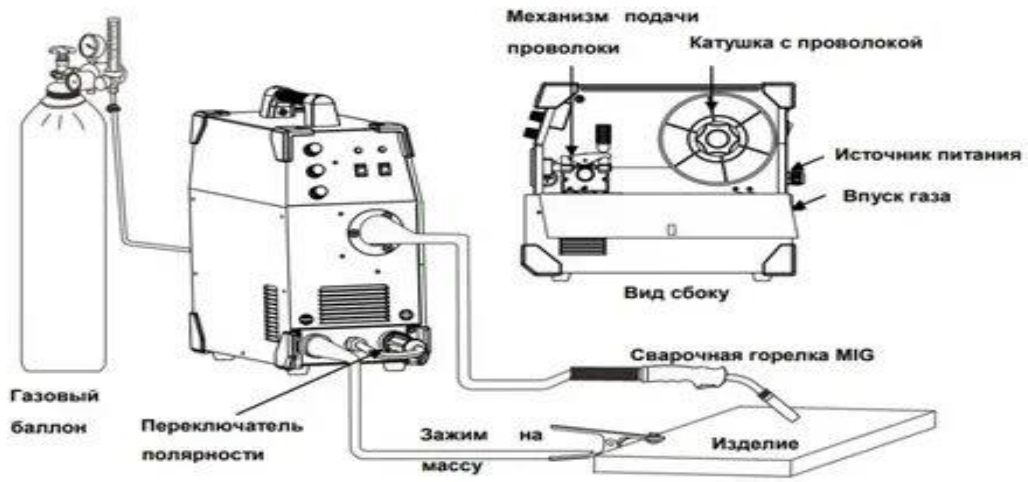


Рисунок 13 – Иллюстрации основных элементов сварочного механизма сварочного полуавтомата

Горелка

- Неравномерная подача проволоки. Причины:
  - недостаточный нажим электродной проволоки в роликах механизма подачи;
  - большой износ ведущего ролика;
  - задержка проволоки в наконечнике горелки.
- Способ устранения:
  - отрегулировать давление прижимных роликов;
  - заменить ведущий ролик;
  - прочистить наконечник или заменить его новым.

Блок управления

- Неисправности управления. Причины:
  - электрический сбой из-за неправильного подключения аппарата к источнику питания;
  - короткое замыкание из-за повреждения проводки или неправильного подключения проводов;
  - износ компонентов (при долгом использовании аппарата компоненты могут выйти из строя).
- Способ устранения:
  - проверить питание и подключение кабелей, осмотреть плату управления на предмет видимых повреждений или перегоревших элементов;
  - использовать мультиметр для проверки электрической цепи и измерения напряжения на различных контактах;
  - при обнаружении повреждений на печатных платах или микросхемах рекомендуется заменить их или произвести ремонт соответствующих компонентов.

Кабель

- Источник сварочного тока не включается. Часто вызвана проблемами с сетевым кабелем аппарата.
- Способ устранения:

- снять корпус устройства и проверить каждый проводок в кабеле с помощью тестера;
- если кабель в порядке, потребуется более детальная диагностика аппарата – вероятно, неисправность связана с дежурным источником питания.

Важно: при возникновении проблем с полуавтоматом рекомендуется обратиться к профессионалам – без знаний и опыта самостоятельное восстановление работоспособности аппарата может обернуться коротким замыканием, пожаром, поражением током. Не зажигается дуга при полуавтоматической сварке – как исправить ситуацию.

Полуавтоматическая сварка широко используется в строительстве, машиностроении и других сферах благодаря высокой производительности и удобству работы. Но, как и у любого другого оборудования, у полуавтоматов встречаются неисправности. Среди частых проблем – нет старта сварки, не загорается дуга. Рассмотрим основные причины этой неисправности и возможные пути ее устранения.

Основные причины отсутствия дуги

Сварочная дуга – основа качественного соединения металлов, и ее отсутствие – серьезная преграда в работе как для начинающих, так и для опытных сварщиков. Нестабильность или невозможность зажечь электродугу не только замедляет процесс, но и указывает на возможные неисправности оборудования или ошибки в настройках. Причины данного случая разнообразны: от банальных технических недочетов до сложных внутренних поломок сварочного аппарата. В их число входят также некорректная подача расходного материала, нарушение параметров тока, износ комплектующих или даже недостаток защитного газа. Понимание этих факторов позволяет не только оперативно восстановить работоспособность оборудования, но и предотвратить повторение неполадок.

Рассмотрим ключевые причины отсутствия дуги у полуавтомата и дадим рекомендации, которые помогут сохранить эффективность и безопасность сварочных работ.

Плохой контакт зажима массы

Одной из наиболее распространенных причин является ненадежное подключение массы. Если зажим плохо закреплен или контактная поверхность загрязнена, сварочный ток не будет проходить, и дуга не зажжется.

Очистите место крепления зажима массы от ржавчины, краски, масла или грязи. Убедитесь, что зажим прочно фиксируется на металле.

Неисправность подачи сварочной проволоки

При полуавтоматической сварке проволока подается автоматически, и, если ее подача нарушена, дуга не сможет зажечься. Причинами могут быть:

- Наматывание проволоки на подающий ролик;
- Закупорка канала подачи проволоки;
- Истощение катушки;
- Выход из строя механизма.

Проверьте подающий механизм, устраните заедания, очистите канал подачи и замените катушку, если проволока закончилась. Неисправность в механизме – обратитесь к специалистам.

С профессиональным ремонтом сварочных полуавтоматов в СПб сегодня нет никаких проблем. Можно воспользоваться услугой доставки или самостоятельно привезти аппарат в сервис. Диагностику сделают бесплатно. Проверят не только механизм подачи, но и контакты, охлаждение, силовые компоненты, плату. Специалисты быстро найдут неисправность и предоставят отчет с указанием поломки, сроков и стоимости ремонта Без знаний, опыта, подходящего технического оснащения точно не стоит самостоятельно разбирать и проверять механизм подачи. Неправильное вмешательство в данном случае повышает риск поражения электрическим током, усугубляет повреждения оборудования, а также может стать причиной возгорания. Кроме того, некорректный ремонт часто лишает гарантии производителя.

Особенно опасно разбирать узлы, связанные с подачей тока или газом: ошибки в их настройке или сборке способны нарушить не только функциональность аппарата, но и безопасность оператора.

Для диагностики и ремонта доверьтесь профессионалам – обращайтесь в сервисный

Слишком низкий или высокий сварочный ток

Если ток слишком низкий, дуга не сможет зажечься, а при чрезмерном – проволока будет перегреваться и сгорать еще до контакта с деталью.

Настройте силу тока в соответствии с диаметром и типом проволоки. Используйте таблицы параметров, предоставляемые производителем сварочного аппарата.

Неисправность токосъемного наконечника

Наконечник, через который проходит сварочная проволока, со временем загрязняется, изнашивается и может деформироваться, затрудняя прохождение тока.

Замените токосъемный наконечник на новый при появлении признаков износа или загрязнения.

Повреждение силовой части сварочного аппарата

Неисправности внутри сварочного оборудования – выход из строя выпрямителя или транзисторов – могут привести к отсутствию сварочного тока.

Если проблема сохраняется после проверки всех внешних факторов, обратитесь в сервисный центр для диагностики и ремонта.

Проблемы с газовой подачей

При сварке в среде защиты (например, CO_2 или смеси аргона с углекислым газом) отсутствие газа может вызвать нестабильность дуги или ее отсутствие.

Проверьте уровень газа в баллоне, исправность редуктора и отсутствие утечек.

Как предотвратить проблему?

Предотвращение сбоев с зажиганием дуги в режиме требует внимательного отношения к оборудованию и соблюдения базовых правил эксплуатации. Гра-

мотная профилактика не только экономит время, но и защищает от незапланированных простоев. Чтобы минимизировать риски, достаточно придерживаться следующих мер:

- Регулярно проводите осмотр и техническое обслуживание сварочного аппарата.
- Используйте качественные расходные материалы (проволоку, наконечники, зажим массы).
- Очищайте контактные поверхности перед началом работы.
- Настраивайте сварочные параметры в соответствии с характеристиками металла и проволоки.

Если механизм не работает или дело в источнике питания, не пытайтесь самостоятельно его реанимировать, это задача специалистов. Регулярный контроль состояния полуавтомата и расходников помогает вовремя выявить износ или мелкие неполадки, которые могут перерасти в серьезные проблемы. Стабильность дуги напрямую зависит от исправности всех компонентов системы и правильных настроек. Таким образом, профилактика – неотъемлемая часть работы сварщика, которая гарантирует не только бесперебойность процессов, но и безопасность, а также высокое качество соединений. Не пренебрегайте ею.

Проблемы технического характера

Инверторные аппараты MIG/MAG (полуавтоматы) сегодня получили большое распространение. Компактнее трансформаторов, более стабильные, синергетические. Но даже у современных многофункциональных моделей возникают проблемы. По причине отсутствия надлежащего обслуживания, нарушения правил эксплуатации, внештатных ситуаций, например, попадании в корпус воды или сильном ударе.

Среди *распространённых неисправностей полуавтоматов* MIG/MAG:

- Источник сварочного тока не включается – очень часто данная неисправность вызвана проблемами с сетевым кабелем аппарата. Сначала следует снять корпус устройства и проверить каждый проводок в кабеле при помощи тестера. Если кабель в порядке, потребуется более детальная диагностика аппарата. Вероятно, неисправность связана с дежурным источником питания.
- Нестабильность сварочного процесса – самое простое, возможно, неправильно настроена сила тока в зависимости от диаметра присадочной проволоки и скорости сварки.
- Сварочный ток не меняется – вышел из строя регулятор или имеет место нарушение контактов подключенных к нему проводов.
- Самопроизвольное отключение – срабатывает термозащита, проблема с охлаждением. Или нарушена продолжительность включения.

Особого подхода требует подающий проволоку механизм. У него могут быть изношены направляющие, приводные ролики не отрегулированы, канал подачи засорился. Плохая подача проволоки выступает одной из самых распространенных проблем, с которыми сталкиваются сварщики в режиме работы MIG/MAG.

Почему ремонт следует доверить специалистам

Сварка в среде защитного газа устроена сложнее обычной РДС. Важно правильно подключить баллон с газом, отрегулировать его подачу, выбрать проволоку и настроить ее поступление, в зависимости от вида и толщины свариваемого металла.

При возникновении проблем с MIG/MAG сваркой следует обратиться к профессионалам. Без знаний и опыта самостоятельное восстановление работоспособности аппарата может обернуться коротким замыканием, пожаром, поражением током.

Доверив ремонт сварочного полуавтомата специализированному сервису, вы получаете:

- Бесплатную диагностику в день обращения;
- Полную информацию о сложности поломки, стоимости и сроке восстановления аппарата;
- Гарантированное восстановление работоспособности;
- Профессиональное обслуживание полуавтоматической сварки;
- Полезные рекомендации по дальнейшему использованию и продлению срока службы источника сварки.

Таблица 9. Характерные неисправности в работе сварочных полуавтоматов, вероятные причины их возникновения и способы устранения

Наименования неисправностей дополнительные признаки	**Вероятная причина возникновения неисправности**	**Способ устранения**
При включении выключателя, расположенного на сварочной горелке, не зажигается дуга	Отсутствие контактов в сварочной цепи	Проверить надежность контактов и зачистить их
сварке наблюдается неравномерная подача сварочной проволоки	Недостаточный зажим сварочной проволоки в роликах привода механизма подачи. Большой износ ведущего ролика Заедание сварочной проволоки в канале или наконечнике сварочной горелки	- Отрегулировать давление прижимных роликов изменением поджатия пружины; - Заменить ведущий ролик; - Прочистить канал или наконечник: в случае чрезмерного износа заменить его новым
Прекращается подача защитного газа в горелку	Перепутывание сварочной проволоки в кассете. Не срабатывает газовый клапан	- Распутать проволоку. - Проверить электрическую цепь газового клапана
Сварочная проволока образует петлю между подающими роликами и входным штуцером гибкого шланга	Нарушена герметичность газового тракта - Большое расстояние между подающими роликами и входным штуцером гибкого шланга	- |Восстановить герметичность газового тракта - Максимально уменьшить расстояние
Сопло и цанговый зажим сварочной горелки находятся под напряжением	-Нарушена изоляция между горелкой и соплом попали брызги.	- Восстановить изоляцию удалить брызги металла.
Не регулируется скорость	- Неисправен потенцио-	- Заменить потенциометр -

подачи сварочной проволоки при изменении сопротивления потенциометром	метр. - Нет обратной связи по напряжению в блоке привода	Проверить качество паек в блоке привода
При нормально работающем двигателе подачи сварочной проволоки периодически обрывается дуга.	-Малая скорость подачи сварочной проволоки. - Большая сила сварочного тока.	- Увеличить скорость подачи сварочной проволоки. - Уменьшить силу сварочного тока

Таблицы с основными неисправностями автоматов для дуговой сварки, причинами их возникновения и способами устранения могут включать проблемы в работе трансформаторов, инверторов, механизмов подачи и системы управления. Ниже приведены примеры таких таблиц для разных компонентов

Трансформаторы

- Самопроизвольное отключение – срабатывает защита из-за замыканий в цепи высокого напряжения (между проводами и корпусом или проводов между собой). Необходимо отключить трансформатор от сети, отыскать дефектное место и устранить неисправность – восстановить изоляцию, заменить конденсатор.
- Сильное гудение трансформатора – причиной может быть ослабление болтов, стягивающих листовые элементы магнитопровода, неисправности в креплении сердечника или механизма перемещения катушек, перегрузка трансформатора (чрезмерно длительная работа, высокое значение сварочного тока). Необходимо проверить и подтянуть все винты и болты, устранить нарушения в механизмах крепления сердечника и перемещения катушек, проверить и восстановить изоляцию в сварочных кабелях.
- Чрезмерный нагрев – причины: установление сварочного тока выше допустимого значения, использование электрода большого диаметра или слишком продолжительная работа без перерыва. Необходимо соблюдать стандартный режим работы – устанавливать умеренные значения тока, применять электроды небольших диаметров, делать перерывы в работе для охлаждения аппарата.

Инверторы

- Нестабильность дуги, разбрызгивание металла – при значительных колебаниях входного напряжения или некорректной работе системы управления инвертора происходят скачкообразные изменения сварочного тока. В этом случае в первую очередь необходимо проверить напряжение сети. Если оно в норме, а колебания продолжаются, следует произвести внутреннюю диагностику инвертора.
- Инвертор не включается – может быть несколько причин: плохой контакт зажима кабеля «массы», слишком низкое входное напряжение, выключился входной автомат (причиной этого может быть внутреннее короткое замыкание), сработала тепловая защита. В последнем случае необходимо дождаться остывания аппарата и попробовать включить его заново.
- Невозможность регулировки тока – может быть неисправность индикатора, отображающего величину тока, или обрыв провода, поломка или внутренний износ потенциометра, которым задаётся значение сварочного тока.

Механизмы подачи

- Неравномерная подача электродной проволоки – слабый зажим проволоки в подающем механизме, выработка канавки в подающем ролике, заедание

электродной проволоки в контактных наконечниках токоподвода. Необходимо отрегулировать давление прижимного ролика, заменить подающий ролик, проверить и заменить наконечники, отрегулировать контактное давление.

- Задержка проволоки в наконечнике горелки – прочистить наконечник, заменить новым.

Система управления

- Неисправности платы управления – если на плате неисправны драйверы и ШИМ-контроллеры, с аппаратом возникают сложности: устройство включается, присутствует индикация, но дуга не формируется, аппарат нестабилен на всех или отдельных режимах, выходное напряжение отсутствует. Решение – визуальный осмотр платы на предмет трещин и «холодных» паек, проверка напряжений на ключевых элементах, замена неисправных микросхем и радиоэлементов.
- Механические повреждения и плохие контакты – проблема, часто связанная с небрежной эксплуатацией. К повреждениям приводят: обрывы силовых проводов на клеммах или внутри кабеля, окисление разъёмов и клемм, разболтавшиеся гайки силовых подключений, трещины на платах. В этом случае целесообразна ревизия всех внутренних и внешних соединений, подтяжка клемм, замена повреждённых проводов и разъёмов.

Важно! При сбоях в работе аппарата рекомендуется доверить ремонт специалисту – самостоятельный ремонт может обернуться серьёзными последствиями, в том числе поражением электрическим током.

С основными неисправностями или просто техническими особенностями сварочных автоматов приходится знакомиться непосредственно в процессе работы. Часть проблем может быть решена сразу и самостоятельно.

В таблице ниже приведены основные возможные неисправности сварочного автомата и варианты их устранения.

Таблица 10. Возможные неисправности сварочного автомата и варианты их устранения.

Возможные неисправности	**Возможная причина возникновения**	**Вариант устранения**
При включении выключателя не зажигается сигнальная лампочка	Неисправен предохранитель	Замена предохранителя
При нажатии пусковой кнопки не включается двигатель подачи электродной проволоки	Неисправны предохранители Неисправны контакты кнопок Обрыв в цепи пускового реле	Заменить предохранители. Проверить и зачистить контакты кнопок. Устранить обрыв или заменить катушку пускового реле.
При нажатии пусковой кнопки не зажигается дуга, хотя пускатель и двигатель подачи проволоки работают	Неисправны контакты в сварочной цепи Не защищен конец электродной проволоки Отсутствует короткое замыкание между электродом и изделием	Опробовать надежность проводов в сварочной ванне Откусить конец электродной проволоки кусачками Обеспечить хороший контакт между электродом и изделием
Неравномерная подача элек-	Слабый зажим проволоки в	Отрегулировать давление при-

тродной проволоки и частые обрывы дуги при нормальной работе электродвигателя	падающем механизме Выработались канавки в подающем ролике Заедание электродной проволоки в контактах или в правильном механизме	жимного ролика и устранить пробуксовку Заменить изношенные ролики Заменить контакты мундштука, отрегулировать давление пружин, наладить правильный механизм
Самопроизвольно меняется положение головки или мундштука в поперечном направлении	Люфты в корректировочном механизме Люфты в копирном устройстве	Устранить люфты Заменить изношенные детали
При сварке наблюдаются перерывы в движении автомата	Пробуксовывает фрикционное сцепление ходового механизма Образовалась запутанная петля сварочных проводов	Зажать фрикционное сцепление ходового механизма Распутать провода, подтянуть их
Проволока сминается в подающих роликах, но не подается в мундштук	Конец проволоки приварился к мундштуку Образовалась петля между падающим роликом и входным отверстием мундштука	Заменить наконечник мундштука Выправить проволоку или откусить её погнутый конец, приблизить мундштук к падающим роликам
Частые короткие замыкания электрода с изделием	Резкое падение напряжения в сети Слишком короткая дуга	Увеличить силу сварочного тока Уменьшить скорость подачи электродной проволоки
Частые обрывы дуги	Резкое повышение напряжения в сети Слишком длинная дуга Большой вылет электрода	Уменьшить силу сварочного тока Увеличить скорость подачи электродной проволоки Уменьшить вылет электрода
Сопло сварочной горелки под напряжением	Между соплом и мундштуком образовался мостик из брызг металла Повреждена втулка, изолирующая сопло	Снять сопло и очистить от брызг металла Заменить изолирующую втулку
При наличии давления в баллоне нет истечения защитного газа из сопла горелки	Отверстие редуктора закупорилось льдом из-за отсутствия подогрева газа Пережата или оборвана газовая магистраль	Включить подогреватель газа и отогреть редуктор Устранить пережатие или обрыв
Свариваемый шов наплавляется на одну кромку	Мундштук смещен в сторону и дуга горит между электродом и одной кромкой Большой вылет электрода, в результате чего дуга "блуждает"	Установить мундштук строго по зазору Уменьшить вылет электрода
Пористость в металле шва	Повышение влажности флюса Повышенная влажность защитного газа	Прокалить флюс Установить осушитель газа Проверить качество газовой защиты

	Плохая газовая защита зоны сварки Неправильно выбрана марка проволоки	Поменять проволоку
При нажатии кнопки подъема или отпускания электрода электродвигатель головки не работает	Электродвигатель головки не запускается	Проверить цепь питания электродвигателя и устранить неисправность Проверить и зачистить контакты кнопок
При включении в не закороченном электроде в сварочной цепи проходит ток	Большой ток, замыкание	Уменьшить силу сварочного тока. Проверить состояние изоляции и устранить замыкание
Сквозные прожоги шва	Нарушены режимы сварки	Уменьшить силу сварочного тока; увеличить скорость сварки. Уменьшить силу сварочного тока; уменьшить скорость сварки.

Контрольные вопросы и задания:

1. Укажите порядок работы на сварочном полуавтомате ПДГ-502У3

2. Перечислите технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-502У3

3. Расшифруйте обозначение сварочного полуавтомата ПДГ-502У3

4. Объясните причину и способ ее устранения, если «при сварке наблюдается неравномерная подача сварочной проволоки»

Практическая работа №6

Тема: «Зарисовывание видов деформаций с пояснениями. Расчёт эквивалента углерода для сталей различных марок».

Цель работы: формирование способности и готовности использовать теоретические знания для выбора рациональной последовательности наложения сварных швов для уменьшения сварочных деформаций. Научиться определять свариваемость стали по расчету углеродного эквивалента

Задание:

1.Изучить теоретические сведения.

2.В тетради для практических работ письменно выполнить задание преподавателя, зарисовать виды деформаций с пояснениями

3.Расчитать углеродный эквивалент заданной марки стали и указать категорию ее свариваемости.

Порядок выполнения:

1. Рассчитать углеродный эквивалент заданной марки стали и определить ее свариваемость.

2.По заданию преподавателя зарисовать указанные деформации с пояснениями причин их образования.

Краткие теоретические сведения

Расчет эквивалента углерода

Сталь представлена различными группами марок, обладающими своими физико-химическими свойствами. Вследствие этого, у металлических изделий неодинаковый показатель свариваемости. В зависимости от этого параметра железоуглеродистые сплавы подразделяется на четыре категории.

1.Хорошая

При сварке получается качественный шов. Металл не требует предварительного нагрева для проведения работ, а сами они проходят в обычном режиме и с применением всех известных технологий.

2.Удовлетворительная

Чтобы создать качественное сварное соединение, стальные изделия необходимо подготовить, то есть разогреть.

3.Ограниченная

Перед сваркой металлические изделия сначала разогревают, а после их соединения подвергают еще и термической обработке.

4.Плохая

Такая сталь характеризуется тем, что во время сварки (после нее) на поверхности образуются трещины, а также могут возникать «закалочные» структуры, снижающие прочность и надежность соединения, делающие его хрупким.

Методы расчета углеродного эквивалента.

Свойства стали вообще зависят от присутствия в сплаве железа и углерода других металлов. Зная их содержание, с помощью эмпирической формулы не составляет труда рассчитать значение так называемого углеродного эквивалента (Сэ). Эта величина позволяет определить, каких результатов ждать от сварки металлических изделий.

В России для оценки сварных характеристик проката, идущего на создание конструкций, используют формулу, утвержденную ГОСТ ГОСТ 27772-88 :

Сэ=C+(P/2)+(Cr/5)+(Mn/6)+(Cu/13)+(V/14)+(Si/24)+(Ni/40).

В Европе для расчетов применяется следующая зависимость:

Сэ=C+(Mn/6)+(Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15.

В Японии такая методика определения углеродного эквивалента:

Сэ=C+(Mo/4)+(Cr/5)+(Mn/6)+(Si/24)+(Ni/40),

где C, P, Cr, Mn, Cu, V, Si, Ni, Mo -массовые доли (в %) углерода, фосфора, хрома, марганца, меди, ванадия, кремния, никеля, молибдена.

Значение углеродного эквивалента позволяет прогнозировать свариваемость стали: при Сэкв $\leq$ 0,25 сталь хорошо сваривается, при 0,25-0,35 - удовлетворительно, при 0,35-0,45 - ограниченно, при Сэкв > 0,45 - плохо сваривается.

Расчет для стали09Г2С:

C = 0,09%; Mn = 1,5%; Si = 0,8%

Сэкв = 0,09 + 1,5/6 = 0,09 + 0,25 = 0,34

Результат: сталь относится ко второй группе свариваемости.

Сталь считается не склонной к трещинообразованию, если значение углеродного эквивалента «С» меньше 0,45%. В противном случае, когда уже существует вероятность их появления, перед сваркой части, требующие соединения, необходимо прогреть.

Вычисление значения твердости в зоне термического влияния

Следующий параметр, на который следует обратить внимание, – твердость зоны термического влияния (ЗТВ). Так называют участок изделия, который расположен возле образовавшегося шва. В этой области под воздействием температуры происходят фазовые превращения с изменением внутренней структуры металла. Порой это чревато тем, что сталь становится хрупкой.

Твердость металла в этой зоне определяют по методу Виккерса. Если ее значения леж ат в диапазоне 350-400 по специальной HV-шкале, то на участке ЗТВ точно находятся продукты распада аустенита (одна из модификаций железа и его сплавов), как раз и инициирующие образование холодных трещин.

Максимальное значение твердости углеродистой и низколегированной стали вычисляют, располагая данными о химическом составе металла, по этой формуле:

$$HVmax = 90+1050*C+75*Mn+47*Si+31*Cr+30*Ni,$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni - массовые доли (в процентах) химических элементов.

Определение чувствительности стали к образованию холодных трещин.

Холодные трещины образуются после сварки из-за растягивающих остаточных напряжений. Их сила зависит от жесткости получившейся конструкции и толщины шва.

Определить ее значение позволяет коэффициент интенсивности жесткости – К. Он характеризует приложенное усилие, которое на 1 мм раскрывает зазор, оказавшийся в сварном соединении шириной так же 1 мм. Подсчитывается он так:

$$К = Kq*S,$$

где Kq - это константа, которую принято считать равной 69, S – толщина стального листа (в мм). Важно отметить, что соотношение справедливо только, если толщина листа не превышает 150 мм.

Насколько сталь может быть подвержена образованию холодных трещин, помогает узнать параметрическое уравнение:

$$Pw=Pш+(H/60)+0,25*К/105,$$

где Рш - коэффициент «охрупчивания» (так называют процесс, когда из вязкого состояния металл переходит в хрупкое), Н – количество диффузионного водорода, К – коэффициент интенсивности жесткости.

Значение Рш находится при решении уравнения Бес-Сио:

$$Pси=C+5*B+Si/30+ Ni/60+(Mo+V)/15+(Mn+Cu+Cr)/20.$$

Результаты неоднократно проведенных исследований помогли установить порог значения, при котором проявляется чувствительности стали к образованию холодных трещин. Это случается, если значение Pw превышает 0,286.

Способы устранения холодных трещин при сварке

Образование трещин ухудшает поверхность металла и, соответственно, уменьшает прочность готовой конструкции. Предотвратить их появление поможет следующее:

- пересмотр (изменение) конструктивных решений, который позволит снизить жесткость в области сварного узла;
- тщательный контроль за ходом проведения сварки при оптимальном режиме поможет уменьшить содержание диффузионного водорода;
- проведение сварочных работ с соблюдением особых параметров, которые воспрепятствуют охрупчиванию металла и будут содействовать удалению из шва диффузионного водорода.

Из перечисленных способов, снижения вероятности появления холодных трещин при проведении сварочных работ, самый востребованный – последний.

Образование сварочных напряжений и деформаций

Классификация, причины возникновения сварочных напряжений и деформаций

При сварке в результате теплового воздействия на металл возникают собственные напряжения.

Собственными напряжениями называются напряжения, которые существуют в изделии без приложения внешних сил.

Напряжения - величина внутренних сил, возникающие в металле, распределяемые по площади сечения.

Следствием напряжения являются деформации. *Деформация* – это изменение проектных размеров и форм, свариваемых деталей и изделий

При проектировании сварных конструкций необходимо учитывать вероятность возникновения напряжений и деформаций. Если расчетные напряжения и деформации превышают допустимые для данной конструкции, то необходимо разработать мероприятия по их предупреждению, а если появились, то устранить.

Для борьбы с напряжениями и деформациями надо знать их характер и классификацию. В зависимости от причины возникновения собственные напряжения разделяют на:

-*тепловые напряжения* – появляются в следствии неравномерного распределения температуры во время сварки (присущи малоуглеродистым и низколегированным сталям);

-*структурные напряжения* – появляются в следствии преобразования структуры во время нагревания выше критической температуры (присущи средне- и высоколегированным сталям; без тепловых не возможны).

В зависимости от времени существования напряжения бывают:

временные - существуют только в момент нагрева и исчезают при охлаждении;

остаточные - остаются даже после исчезновения причин их образования.

По направлению действия напряжения и деформации бывают:

-*продольные* – вдоль оси сварочного шва;

-*поперечные* – направленны перпендикулярно оси шва.

По виду - напряженного состояния напряжения бывают:

-*линейные* (одноосные) – действуют в одном направлении (по длине или ширине шва);

-*плоскостные* (двухосные) – действуют в двух направлениях (вдоль и поперек шва);

-*объемные* (трехосные) – действуют в трех направлениях (вдоль, поперек и толщине шва).

В зависимости от изменения при сварке форм и размеров детали или изделия различают:

-*деформации в плоскости*, которые могут быть: продольные, поперечные и изгиба;

-*деформации из плоскости* (угловая деформация).

Основные причины возникновения *напряжений и деформаций.*

Причины образования деформаций и напряжений при сварке подразделяются на основные и побочные категории. К первым относят те, которые возникают во время сварки, поэтому неизбежны. Вторые нужно предотвращать.

Основные причины возникают как следствие:

1) *Неравномерного нагрева* сварочной зоны и прилегающих участков. Более горячий металл расширяется больше чем холодный, поэтому между слоями с разной температурой начинает концентрироваться напряженность. Ее величина определяется степенью нагревания и коэффициентом теплового расширения. Чем больше эти значения, тем выше вероятность нарушения геометрии конструкций.

2) *Усадки*. Когда при охлаждении после сварки металл переходит из жидкой фазы в твердое состояние, объем уменьшается. Этот процесс сопровождается растягиванием прилегающих участков с образованием напряжений, направленных вдоль или поперек шва. Продольное воздействие изменяет длину соединения, а поперечное способствует образованию угловой деформации.

3) *Структурных изменений.* При сварке высокоуглеродистой или легированной стали с большим нагревом происходит процесс закаливания с изменением объема и коэффициента теплового расширения. Это явление создает напряжения, приводящие к образованию трещин внутри и на поверхности швов. У сталей, в составе которых углерода меньше 0,35%, структурные изменения настолько малы, что не оказывают существенного влияния на качество сварных соединений.

Схема образования продольных и поперечных деформации

Если на металл действует сила, он изменяет свою форму, т.е. деформируется. При небольшой величине силы *Q* деформация происходит в упругой области, не вызывая необратимых изменений кристаллической решетки,

– после снятия силы кристаллическая решетка возвращается в исходное состояние и деформация исчезает. Такие деформации называются *упругими*, или *временными.* При увеличении силы, возникающие в металле напряжения мо-

гут превысить предел текучести, что приводит к необратимым изменениям. В этом случае говорят, что произошла *пластическая* деформация металла. После снятия силы *Q* пластические деформации остаются. В отличие от упругих (временных) эти деформации называются *остаточными.*

Сила *Q,* вызывающая остаточные деформации, может быть внешней, а может возникать внутри металла при его нагреве. Рассмотрим пример нагрева стержня длиной *L.* Первоначально закрепим его к одной жесткой стенке (рисунке. 14*а).* При нагреве он удлинится на величину

$$\Delta L = \alpha TL,$$

где α – коэффициент линейного расширения; Т – температура нагрева.

Удлинение происходит свободно, поэтомαу напряжений в стержне не возникает.

Ограничим стержень другой жесткой стенкой (рисунок 14 *б)* и снова нагреем. В металле снова начнут происходить процессы, приводящие к увеличению длины стержня. Однако его реальному удлинению мешает жесткая стенка, поэтому в стержне возникнут напряжения сжатия.

Однако его реальному удлинению мешает жесткая стенка, поэтому в стержне возникнут напряжения сжатия. По мере роста температуры напряжения будут увеличиваться, пока не достигнут предела текучести. При этом в стержне возникнет пластическая деформация и он укоротится. После остывания стержень станет короче первоначальной длины на $\Delta L'$(рисунок 14 *в)* .

Таким образом, при нагреве тела, находящегося в несвободном состоянии, в нем образуются остаточные деформации в виде уменьшения его первоначальной длины.

Рассмотрим по-разному.

Представим себе, что перед сваркой пластины были разрезаны на узкие продольные полоски и нижним торцом оперты на какое- то основание (рисунок 15 *а).* Наметим ряд поперечных сечений *1-5,* отстоящих от нижнего торца (основания) па различные расстояния (верхний торец – сечение 5).

Учитывая известный характер распределения максимальных температур при сварке в поперечном сечении соединения, отметим, что каждая свободная полоска получит температурное удлинение, пропорциональное температуре нагрева полоски. Тогда верхний торец соединения (сечение 5) примет вид, показанный на рисунке 15*а.* Температурная деформация других поперечных сечений показана соответствующими кривыми. Чем ближе к нижнему торцу расположено поперечное сечение (например, *1*), тем меньше будет удлинение полосок. Положение нижнего торцевого сечения остается без изменений.

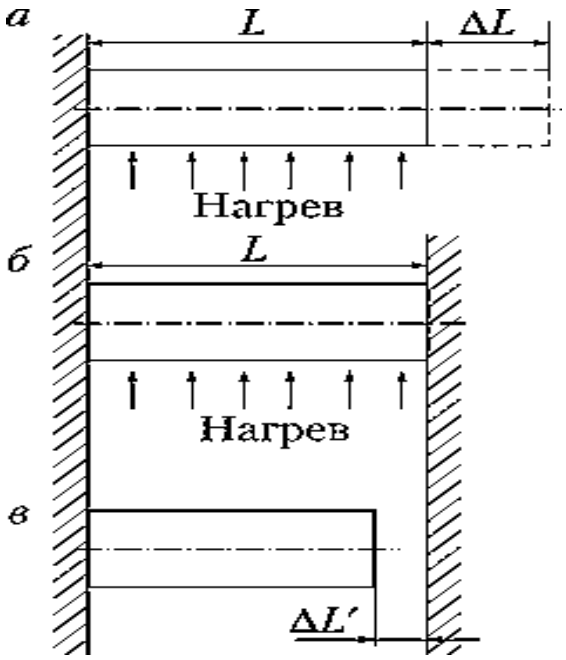


Рисунок 14 – Деформация стержня при нагреве и охлаждении
а – нагрев в свободном состоянии; *б* – нагрев при двухстороннем ограничении; *в* – охлаждение при двухстороннем ограничении

Между тем реальное сварное соединение, как известно, не состоит из отдельных, не связанных между собой полосок. Все полоски связаны друг с другом и деформируются таким образом, что сечение образца остается плоским. Поэтому крайнее верхнее сечение 5 переместится в положение 5'.

Таким образом, все сварное соединение при нагреве получает некоторое удлинение. Чтобы привести отдельные полоски в то состояние, в котором они должны находиться в реальном неразрезанном соединении, необходимо центральные полоски сжать, а крайние -растянуть на соответствующую величину.

Поэтому на стадии нагрева в сварном соединении в продольном направлении возникают напряжения сжатия в средней высоконагретой зоне и растяжения – в остальной мало- нагретой зоне. Причем для центральных полосок соединения эти напряжения достигают предела текучести.

Значит, на стадии нагрева в средней высоконагретой области соединения в продольном направлении протекают пластические деформации сжатия (укорочения) и формируется так называемая зона пластических деформаций, ширина которой для такого симметричного соединения обычно обозначается как $2b_и$.

Если в момент максимального нагрева соединение снова расчленить па отдельные полоски, то после полного охлаждения верхний торец соединения примет форму, показанную на рисунке 15*б.* Средние полоски будут короче остальных на величину их пластического сжатия па стадии нагрева. Однако в реальном нерасчлененном соединении все полоски связаны друг с другом, поэтому сечение переместится вниз в положение штриховой линии «5».

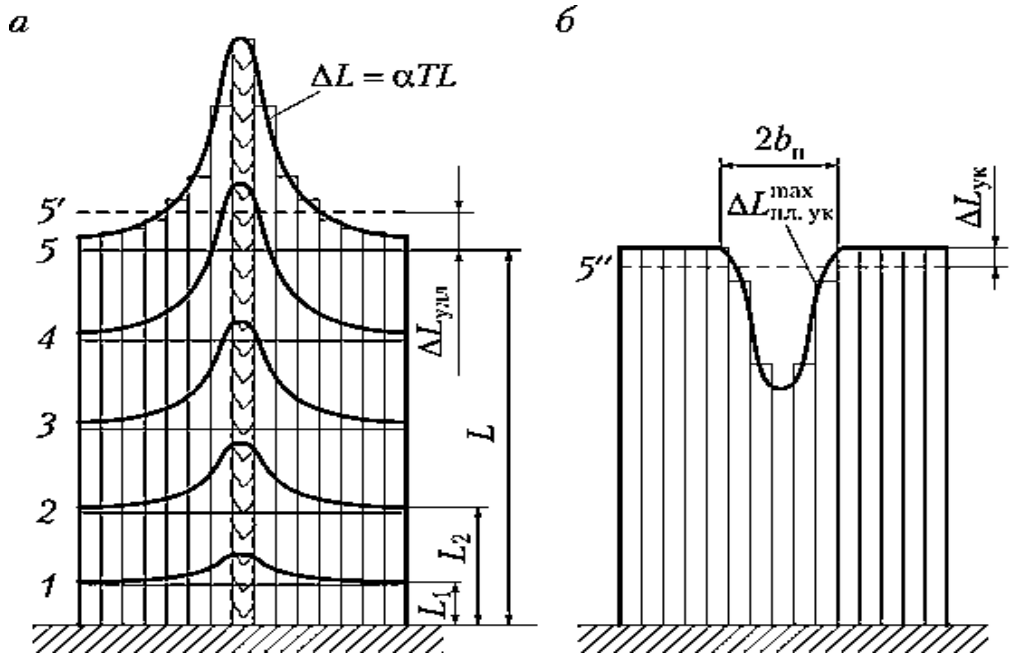


Рисунок 15 – Схема образования остаточных деформаций при сварке
а – в процессе сварки; *б* – после охлаждения

Таким образом, после сварки остается деформация укорочения свариваемого изделия. Говорят, что произошла усадка сварного шва. При этом центральные слои растягиваются до длины *5»,* а крайние – сжимаются до этого же положения. Поэтому центральные слои после остывания испытывают остаточные напряжения растяжения, а удаленные от шва слои – напряжения сжатия.

Распределение остаточных напряжений в зоне сварного соединения после сварки приведено на рисунке 16. Растягивающие напряжения в зоне шва уравновешиваются сжимающими напряжениями в основном металле.

Рассмотренный процесс образования остаточных деформаций в виде перемещения отдельных слоев металла происходил вдоль сварного шва, поэтому по направлению действия эти деформации называются *продольными* (рисунок 17). Однако одновременно происходит не только продольная, но и поперечная усадка шва, так как нагретый металл стремится расшириться и в поперечном направлении, чему препятствуют холодные участки основного металла.

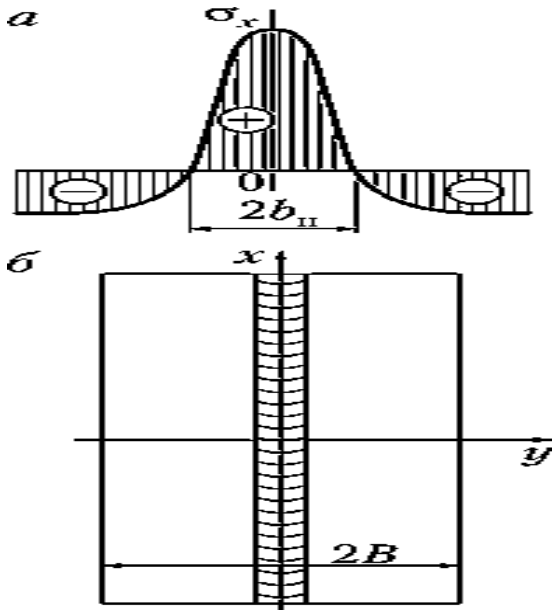


Рисунок 16 – Распределение остаточных напряжений *(а)* в стыковом, *(б*) в сварном соединении
σ_x – остаточное напряжение на оси *x*;
B – ширина изделия

Как следствие уменьшается ширина свариваемых пластин. Деформации, происходящие поперек шва, называются *поперечными (*рисунке 17). Уменьшение размеров изделия из низкоуглеродистой стали после сварки определяется выражением

$$\Delta L = 0{,}83 \cdot 10^{-6} \frac{q_п}{F} L,$$

где q_n – погонная энергия дуги; L – длина изделия; F – площадь сечения шва.

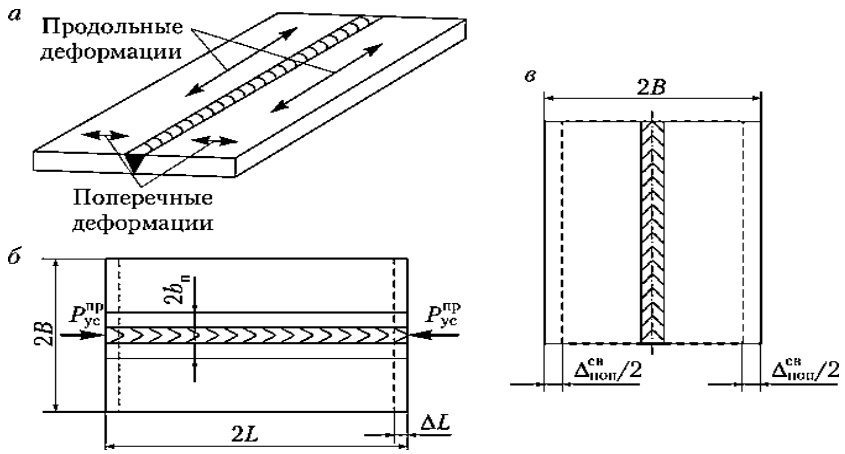


Рисунок 17 – Продольные и поперечные деформации при сварке
а -временные; *б*- продольные остаточные; *в* – поперечные остаточные; $P_{пр/ус}$ – продольная усадочная сила

Схемы образования сварочных напряжений и деформации. Деформация и напряжения при неравномерном нагреве

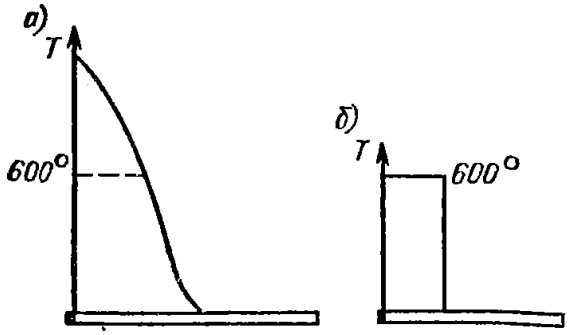
Процессы, наблюдаемые при неравномерном нагреве, рассмотрим для случая наплавки валика быстро перемещающейся дугой на кромку полосы, допуская при этом некоторые упрощения:

1)действительное распределение температуры при наплавке (рисунок 18а) с небольшой погрешностью, принимаемой по схеме (рисунок 18б)

2)полоску по ширине можно разбить на две части: на полоску I, равномерно нагреваемую при наплавке валика и ограниченной изотермой 600^0С, и полоску II, остающуюся холодной, полагая при этом, что они могут быть, и не связаны между собой. (Отношение ширины полоски I к полоске II принимаем примерно равной 0,25).

Тогда при наплавке валика на кромку полоски I, полагая не связанной с полоской II, (рисунок 19,а), и при нагреве её до температуры Т она удлинилась бы, и её длина оказалась бы равной $L_T = L_O (1 + \alpha T)$; где α-коэффициент линейного расширения.

Длина полоски II при этом осталась бы неизменной.



α; б

Рисунок18 – Распределение температуры при наплавке валика на кромку полосы: у α – действительное; б - схематизированное

Но так как нагреваемые полоски связаны между собой, то удлиняясь, первая полоса, заставит удлиняться прилегающие к ней волокна второй полосы за счет её изгиба и растяжения, Это вызовет упругие напряжения сжатия в первой полосе и реактивные упругие напряжения растяжения в полоске второй.

До тех пор, пока напряжение сжатия в первой полоске будут увеличиваться, оставаясь меньше предела текучести, изгиб полоски второй будет увеличиваться (рисунок 19 б). В момент, когда температура полоски первой достигнет 600^0С, при которой предел текучести будет равен нулю, под действием сжимающих напряжений полоски второй, полоска первая претерпит пластическую деформацию сжатия: станет толще и примет начальную длину.

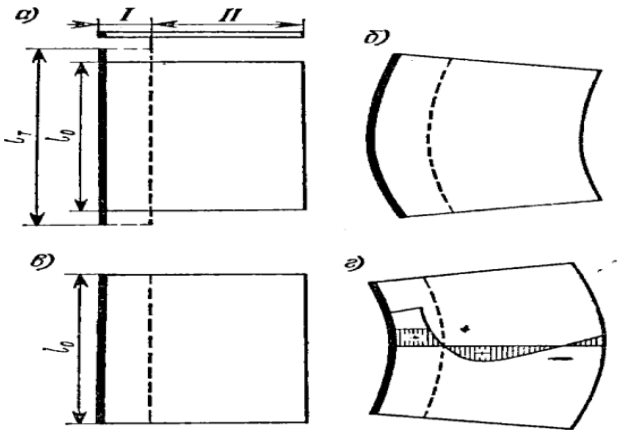


Рисунок 19 – Схема развития деформаций и напряжений при наплавке валика на кромку полосы.

Напряжения в полосках I и I I при этом будут равны нулю (рисунок 19 в). При охлаждении первой полоски от 600^0С до 0, полагая её не связанной со второй полоской, она укоротилась бы до $\Delta\ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot 600$. Но так как первая и вторая полоски связаны между собой, то по мере уменьшения температуры первая полоска будет укорачиваться и за счет сопротивления её укорочению полоски второй в ней будет возникать напряжение растяжения, а во второй полоске – напряжение сжатия, под действием которых будет наблюдаться изгиб полосы (рисунок 19 г).

В какой-то момент времени при охлаждении полоски первой, напряжения растяжения в них достигнут предела и остаточные пластические деформации сжатия, а в полоске второй – остаточные напряжения сжатия.

Учитывая, что в состоянии равновесия сумма всех напряжений равна нулю, эпюра продольных напряжений, принимая ширину полосы примерно 150мм, примет вид (рисунок 1.36, г).

Напряжения, возникающие вследствие структурных превращений в металле.

Если свариваемая сталь склонна к закалке с образованием мартенсита, то в сварном соединении, наряду с тепловыми напряжениями, возникают объемные структурные напряжения. Причина их возникновения состоит в следующем.

Основной металл, расположенный по обе стороны от шва и нагреваемый при сварке выше определенных для данной стали (так называемых критических) температур A_{c1} и A_{c3}, претерпевает структурные превращения.

Коэффициент теплового расширения стали в интервале температур до A_{c1} составляет 0,000012, а выше A_{c1} – 0,000020. Поэтому структурные превращения при нагреве стали сопровождаются уменьшением объема, а при охлаждении – увеличением объема.

На рисунке 20 графически показано изменение объема стали в зависимости от температуры нагрева и охлаждения. Кривая 1 характеризует изменение объема при нагреве стали всех видов независимо от склонности к закалке, кривая 2 характеризует изменение объема при охлаждении не закаливающихся сталей, а кривая 3 – легированных закаливающихся сталей.

Как видно из рисунка, в интервале температур до A_{c1} и свыше A_{c3} объем не закаливающейся стали изменяется пропорционально температуре, но с различным коэффициентом пропорциональности: в интервале температур выше 600°С до

A_{c3} наблюдается скачкообразное изменение объема стали вследствие структурных превращений.

Однако благодаря тому, что при этих температурах сталь находится в пластичном состоянии и ее пределы упругости и текучести близки нулю, изменение объема не вызывает появление в ней остаточных напряжений.

Иное происходит при охлаждении высокоуглеродистых или легированных закаливающихся сталей (кривая 3). Аустенит в этих сталях склонен к переохлаждению и распадается при более низких температурах.

В зависимости от содержания углерода и других элементов, повышающих закаливаемость стали, а также от скорости охлаждения аустенит может переохлаждаться до температур 350 и 200°С, при которых металл находится в упругом состоянии и обладает сравнительно высоким пределом текучести.

Превращение аустенита в мартенсит при этих температурах сопровождается резким увеличением объема; вследствие пониженной пластичности металла в нем возникают остаточные сжимающие напряжения, называемые в данном случае структурными. Структурные напряжения называют напряжениями высшего порядка.

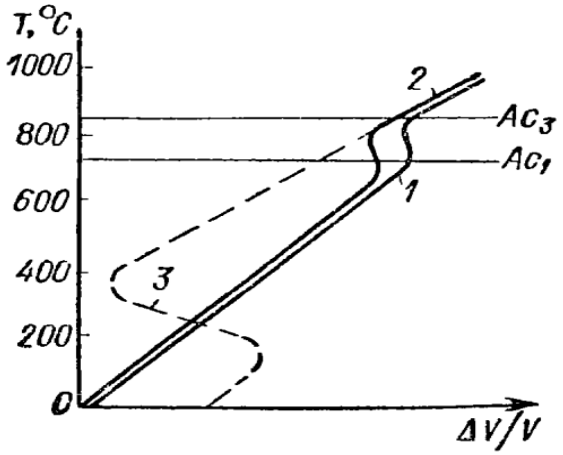


Рисунок 20 – зависимость объемных изменений в стали при нагреве и охлаждении от температуры: 1 – кривая нагрева для всех сталей; 2 – кривая охлаждения для низкоуглеродистой стали; 3 – кривая охлаждения легированной стали.

Организационные мероприятия по уменьшению напряжений и деформаций при сварке.

К конструкционным (организационным) методам относятся:

- правильно подобрать режимы сварки;
- соблюдать технологическую последовательность сварки;
- проектировать конструкцию так, чтобы максимальное количество швов выполнять с двух сторон;
- проектировать конструкцию так, чтобы в ней было минимальное количество пересекающихся и швов сходящихся в одной точке;
- по возможности применять узловую сборку и сварку;
- уменьшение количества вводимой при сварке теплоты за счет уменьшения количества сварных швов и объема наплавленного металла;

- симметричное расположение сварных швов для уравновешивания деформаций;
- уменьшение использования накладок и косынок;
- применение стыковых соединений вместо других, где это возможно.

Контрольные вопросы

1. На какие категории по свариваемости делятся стали?
2. Какой параметр характеризует свариваемость сталей?
3.Методы расчета углеродного эквивалента?
4.Причины образования холодных трещин при сварке?
5.Классификация напряжений и деформаций при сварке.
6.Причины возникновения напряжений и деформаций.
7.Напряжения и деформации при неравномерном нагреве.
8.Напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.

Практическая работа №7

Тема: «Зарисовка порядка сварки стыков труб с поворотом, неповоротных труб, с козырьком, пояснение. Зарисовка порядка сварки монтажных стыков балок с пояснениями».

Цель работы: формирование способности и готовности определять порядок сварки стыков труб с поворотом, неповоротных труб, с козырьком.

Задание:

1.Изучить теоретические сведения.

2.В тетради для практических работ письменно выполнить задание преподавателя.

Порядок выполнения:

У преподавателя получить эскиз сварной конструкции труб

1.На формате А4 схематично изобразите порядок сварки стыков труб с козырьком

2.На формате А4 схематично изобразите порядок сварки монтажных стыков балок сварных.

3.На формате А4 схематично изобразите порядок сварки монтажных стыков балок прокатных.

4.На формате А4 схематично изобразите порядок сварки стыков неповоротных труб.

5.На формате А4 схематично изобразите порядок сварки стыков труб с поворотом.

Краткие теоретические сведения

1. *Порядок ручной дуговой сварки труб с поворотом* показан на рисунке 1. Стык соединяется с тремя симметрично расположенными прихватками (рис.21а). Окружность стыка размечается для сварки на четыре участка. Кружками отмечены точки начала и окончания шва, а стрелками направление сварки.

Первый слой приваривают электродами Ø4мм, при токе 120-150А, узким валиком направлением снизу вверх (рис.21б), а затем повернув трубу на 90º, заваривают последние противоположные участки первого слоя (рис. 21в). После этого, электродом Ø5мм при токе 200-250А накладывают в одном направлении второй (рис.21г) и в противоположно второму слою третий слой (рис.21д).

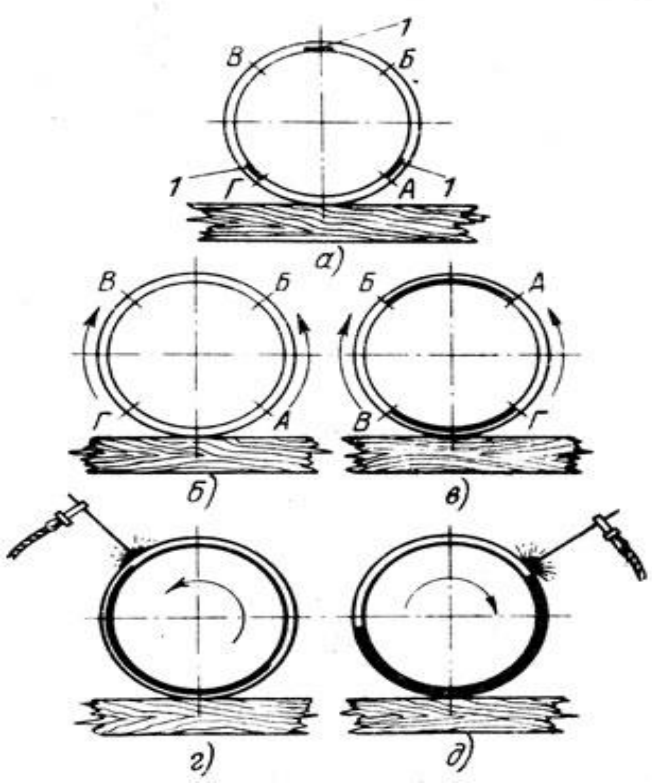


Рисунок 21 – Порядок сварки стыков труб с поворотом: а) места размещения прихваток(1) и участков шва (А,Б,В,Г); б) выполнение первого слоя на участках А-Б и Г-В; в)поворот стыка и выполнение первого слоя на участках Г-А и В-Б; г)выполнение второго слоя шва; д) выполнение третьего слоя шва.

2.Порядок ручной дуговой сварки неповоротных труб показан на рисунке 22. Первый слой накладывают тремя участками. Второй и третий слои- двумя участками, смещая их между собой на 50-100 мм. В указанном порядке можно производить сварку стыка сверху вниз, применяя электроды с целлюлозным покрытием ОЗС-9 и ВСЦ-1, дающие мало шлака.

Применяют сварку комбинированными способами в зависимости от наличия электродов: первый слой сваривают сверху вниз электродами ОЗС-9 и ВСЦ-1, второй электродами УОНИИ-13/45 и третий слой электродами УОНИИ-13/45, АНО-9.

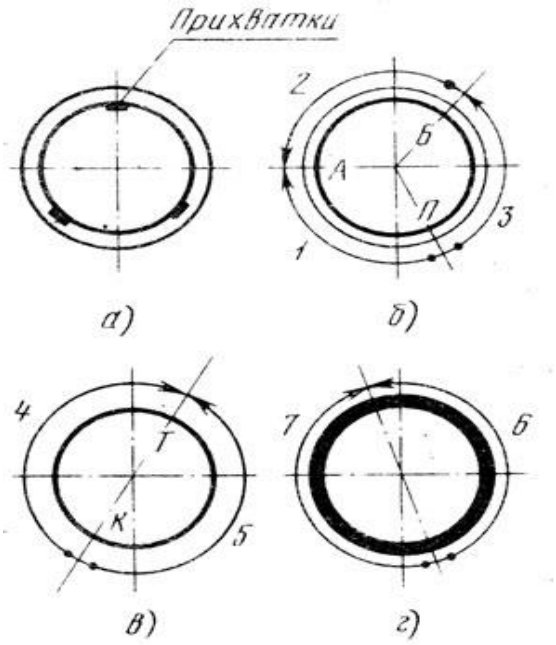


Рисунок 22 – Порядок сварки стыков неповоротных труб: а) сборка труб на прихватках; б,в,г) выполнение первого, второго, третьего слоев; А,Б,П-границы участков первого слоя шва; Г,К – то же , для второго слоя, 1-7 – последовательность выполнения слоев на участках.

3.Когда нельзя сваривать стык ни с поворотом, ни в потолочном положении, применяют *сварку с козырьком*, как показано на рисунке 23. Сначала выполняется нижняя часть стыкового шва только с внутренней стороны, а затем верхняя часть стыкового шва и козырька только с наружной стороны

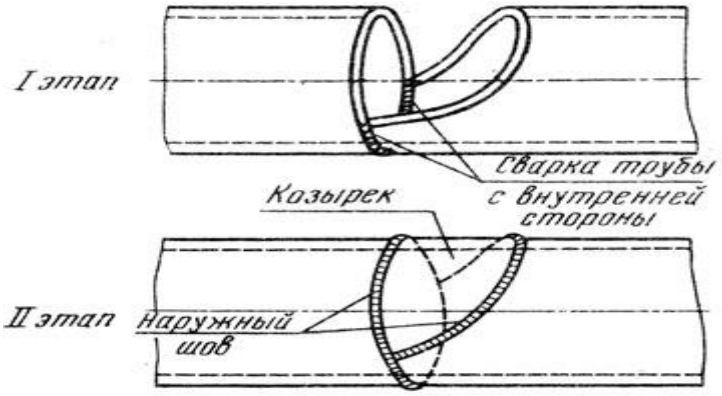


Рисунок 23 – Порядок сварки стыков труб с козырьком

4.Порядок сварки монтажных стыков балок представлен на рисунке 24. Последовательность сварки в этих случаяхв первую очередь выплняют стыковой шов полки с увеличенной толщиной (если двутавр с различными толщинами полок), а затем накладывают второй стыковой шов второй полки, третьим швом сваривается стык стенки (самый тонкий в двутавре) и четвертым – угловые поясные швы (рис.24).

Продольные швы обычно не доводят до концов балки на величину, равную одной ширине полки (из низкоуглеродистой стали) или двум (легированной стали). В этих случаях деформирование и напряжение металла в стыковых соединениях полок и всего стыкового соединения балки будет равномерным и минимальным. Угловые швы в монтажном стыке выполняются в последнюю

очередь. При этом желательно, чтобы угловые швы накладывались одновременно двумя сварщиками – от концов к середине шва.

Ребра жесткости можно приваривать как к стенке, так и к полке балки в любой последовательности после их прихватки..Прихватки размещаются в местах расположения сварных швов. Высота прихваток должна быть не более 2/3 высоты шва. Чтобы при последующей сврке они был перекрыты швом, и не менее 4-6 мм для прихватываемых ребер жесткости толщиной 6 мм и более. Длинна каждой прихватки должа быть равна 4- 5 толщинам прихватывамых элементов, но не менее 30 мм и не более 100 мм, а расстояние между прихватками – в 30-40 раз больше толщины свариваемого металла.

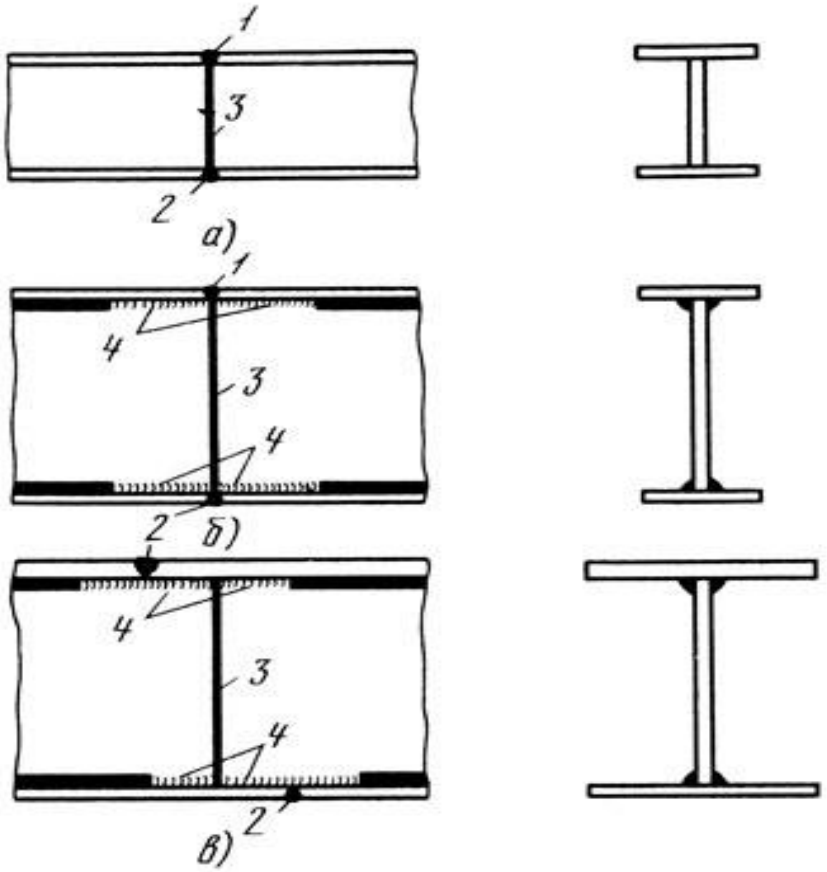


Рисунок 24 – Порядок сварки монтажных стыков балок: а) прокатных; б, в) сварных; 1-4 последовательность выполнения сварки.

Контрольные вопросы

1. Порядок ручной дуговой сварки труб с поворотом.
2. Порядок ручной дуговой сварки неповоротных труб.
3. Порядок соединения труб методом сварки с козырьком.
4. Порядок сварки монтажных стыков балок.

3.3 Лабораторные работы

Лабораторная работа №1

Тема: «Конструктивные элементы сварных соединений. Определение последовательности постановки сварочных прихваток по заданным условиям»

Цель работы: изучить основные типы сварных соединений и сварных швов, последовательность постановки сварочных прихваток по заданию преподавателя.

Задание

1. По ГОСТам изучить основные типы сварных соединений и сварных швов.
2. Получить у преподавателя эскиз сварной конструкции с обозначениями сварных швов и соединений, и описать их согласно ГОСТа.
3. Далее составить эскиз расположения прихваток.
4. В заключение работы составить отчет.

Общие методические указания

Сварным соединением называют участок конструкции, в котором отдельные её элементы соединены путём местного сплавления или совместного пластического деформирования материала этих элементов по их примыкающим поверхностям, в результате чего возникает прочное сцепление металлов, основанное на межатомном взаимодействии. В сварное соединение входят сварной шов, зона термического влияния и примыкающие к ней участки основного металла.

Сварной шов – это участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации металла сварочной ванны.

Зоной термического влияния называют участок не подвергавшегося расплавлению основного металла, структура и свойства которого изменяются в результате нагрева и пластической деформации при сварке.

Различают следующие типы сварных соединений: «С» - стыковые, «У» - угловые, «Т» - тавровые, «Н» - нахлёсточные и «О» - (особые) нестандартные. Буквенное обозначение сварного соединения сопровождается цифрой (С1, У3, Т7, Н4 и т. д.), характеризующей совокупность всех конструктивных особенностей шва, например, шов выполнен без скоса кромок, со скосом одной кромки, с двумя скосами одной кромки, односторонний или двусторонний.

В стыковых соединениях свариваемые элементы располагаются в одной плоскости или на одной поверхности. Стыковые соединения, как правило, выполняют непрерывными швами. При сварке двух заготовок разной толщины рекомендуется на более толстой заготовке выполнить скос для выравнивания толщин. Форма разделки кромок в зависимости от вида сварки и толщины заготовки указана в таблице 1.

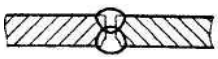
Стыковые соединения являются наиболее распространённым видом сварных соединений ответственных конструкций, таких, например, как сосуды, аппараты, трубопроводы и другие аналогичные конструкции. Они широко применяются в конструкциях, где нужно выполнить требования прочности и плотности.

По расположению сварных швов стыковые соединения могут быть односторонние и двухсторонние. Так как в стыковых соединениях важнейшим требованием к их исполнению является обеспечение полного провара, то двусторонние

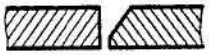
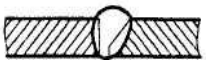
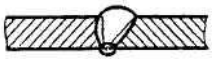
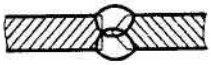
соединения, в особенности на больших толщинах металла, являются предпочтительными. Однако при сварке некоторых конструкций, например, трубопроводов, невозможно осуществить двухсторонний подход к стыку, поэтому в этом случае проектируется одностороннее стыковое соединение. Односторонние соединения применяются также в том случае, если толщина свариваемых элементов невелика и используется ток небольшой плотности (сварка под флюсом) с приспособлениями, обеспечивающими полный провар соединения (флюсовые подушки, подкладки и др.).

Различные требования к подготовке свариваемых кромок предъявляются в зависимости от толщины свариваемых элементов. Например, соединение с отбортовкой кромок используют только при малых толщинах свариваемых элементов. То же можно сказать и про соединения, свариваемые без скоса кромок. Соединения с двумя симметричными или несимметричными скосами кромок применяются при сварке элементов большой толщины.

Таблица 1. Основные типы соединений, формы подготовленных кромок, форма поперечного сечения и условные обозначения соединений при ручной дуговой сварке

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
Стыковое	Без скоса кромок	Односторонний			1 – 4	С2
		Двухсторонний			2 – 5	С7
	Без скоса кромок с помощью следующим строганием	Двухсторонний			6 – 12	С42
Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
						

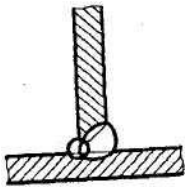
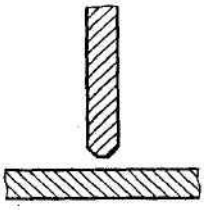
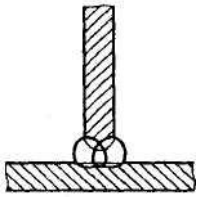
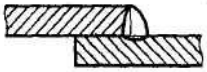
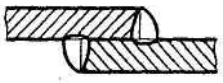
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
	Со скосом одной кромки	Односторонний			3 – 60	С8
		Двухсторонний				С12
	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8 – 100	С15
	С двумя несимметричными скосами одной кромки				12 – 100	С43
	Со скосом кромок	Односторонний			3 – 60	С17

1	Тип соединений	Угловое соединение			
2	Форма подготовленных кромок	Со скосом кромок с последующим строганием	С двумя симметричными скосами кромок	С отбортовкой одной кромки	Без скоса кромок
3	Характеристика сварного шва	Двухсторонний	Двухсторонний	Односторонний	Двухсторонний
4	Форма поперечного сечения: подготовленных кромок				
5	Форма поперечного сечения: сварного шва				
6	Толщина свариваемых	8 – 40	8 – 120	1 – 4	2 – 8
7	Условное обозначение	С45	С25	У1	У5

Тип соединений		1	Тавровое	
Форма подготовленных кромок		2	Со скосом одной кромки	Без скоса кромок
Характеристика сварного шва		3	Односторонний	Двухсторонний
Форма поперечного сечения	подготовленных кромок	4		
	сварного шва	5		
Толщина свариваемых		6	3 – 60	2 – 40
Условное обозначение		7	Т6	Т3

Односторонний	Двухсторонний	Односторонний		
3 – 60	3 – 60			
У9	У7	У6		

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
		Двухсторонний				Т7
	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8 – 100	Т8
Нахлесточное	Без скоса кромок	Односторонний			2 – 60	Н1
		Двухсторонний				Н2

Угловым соединением называется сварное соединение двух элементов, расположенных под прямым углом друг к другу и сваренных в месте примыкания их краёв. Угловое соединение не является таким распространённым, как стыковое, однако тоже находит применение в прочноплотных соединениях. Угловые соединения выполняют как односторонними, так и двусторонними швами. Соединения односторонними швами не рекомендуются для изделий, работающих в условиях знакопеременных и ударных нагрузок.

В тавровых соединениях к боковой поверхности одного элемента примыкает под углом и приварен торцом другой элемент. В некоторых случаях примыкающих элементов – два, и тавровое соединение приобретает кресто-

образное сечение. Тавровые соединения классифицируются по расположению швов на односторонние и двухсторонние, причём последние применяются в качестве основных при изготовлении сварных двутавровых балок, колонн и других стержневых конструкций. В зависимости от толщины свариваемого металла и назначения конструкций тавровые соединения выполняются с разделкой и без разделки кромок, в свою очередь разделка может быть, как двухсторонней, так и односторонней. Швы тавровых соединений могут быть сплошные и прерывистые (приварка рёбер жёсткости, например).

Нахлёсточные соединения образуются при наложении плоской поверхности одного элемента на плоскую поверхность другого. Швы накладываются с торцов элементов (лобовые швы) или с боковых сторон (фланцевые швы). Величина нахлёстки (перекрытия) должна составлять не менее пяти толщин наиболее тонкой из свариваемых заготовок. По расположению сварных Швов они могут быть односторонние и двухсторонние, по виду сварных швов – сплошные и прерывистые. Часто при проектировании сварных конструкций прерывистые и сплошные швы предусматриваются в двухсторонних нахлёсточных соединениях, при этом лицевой шов выполняется сплошным, а изнаночный – прерывистым.

Сварные швы могут быть:

- сплошными и прерывистыми; прерывистые швы характеризуютсядлиной провариваемых участков, расположенных с определённым шагом; двусторонние прерывистые швы выполняются с цепным или шахматным расположением привариваемых участков;

- усиленными, имеющими выпуклость, которая определяется величиной g; некоторые типы швов (отдельные типы тавровых, нахлёсточных и угловых соединений) характеризуются величиной катета К. В сечении такие швы имеют вид равно бедренного прямоугольного треугольника (рисунок 1).

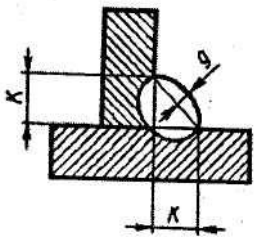


Рисунок 1 – Выпуклость и катет шва

-

Применяемые пластмассы разнообразны и для каждых имеется своя область применения. Например, из винипласта изготавливаются различного рода ёмкости для хранения агрессивных продуктов, вентиляционные воздуховоды и камеры, из полиэтилена – трубопроводы различного назначения.

Условные изображения и обозначения швов сварных стандартных соединений

В соответствии с ГОСТ 2.312 швы сварных соединений всех типов обозначают сплошной основной (видимые) и штриховой (невидимые) линиями.

Видимую одиночную сварную точку (независимо от способа сварки) условно изображают знаком «+» (рисунок 2, а), который выполняют сплошной основной линией, невидимые одиночные точки не изображают. От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску с односторонней стрелкой и горизонтальной линией-полкой. Условное изображение шва наносят на полке линии-выноски, проведённой от изображения шва с лицевой стороны (рисунок 2, б), и под полкой линии-выноски, проведённой от изображения шва с оборотной стороны (рисунок 2, в).

Каждый стандартный шов имеет буквенно-цифровое обозначение, полностью определяющее конструктивные элементы шва. На рисунке 3 показана структура условного обозначения шва. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице 2, а государственные стандарты на основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений – в таблице 3. Обозначение стандарта можно выносить в технические условия на чертеже. Ручная дуговая сварка буквенного обозначения не имеет. Вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями, их высота одинакова с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

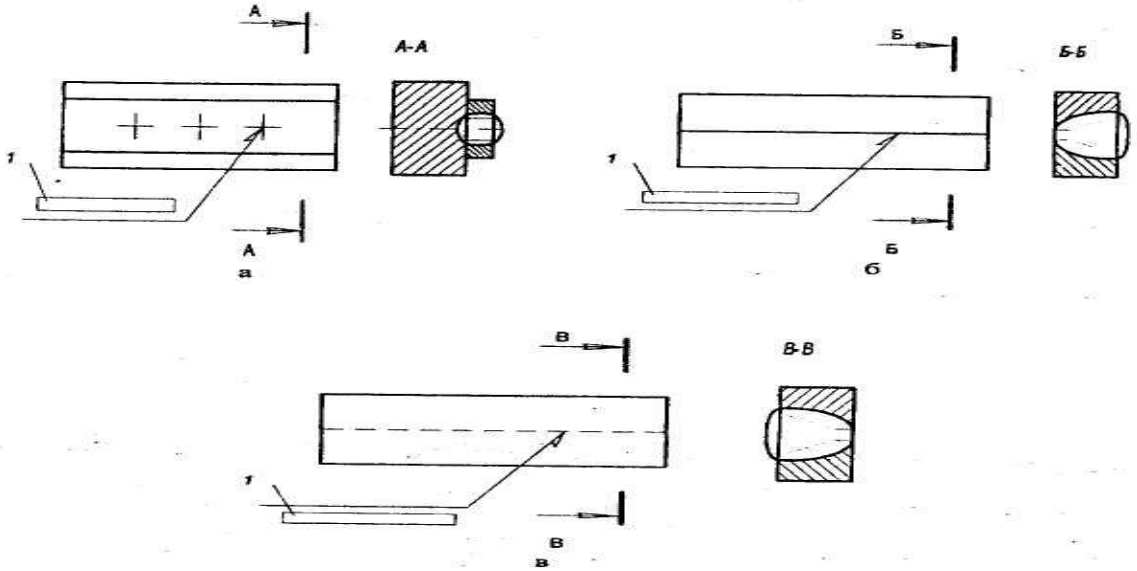


Рисунок 2 – Условные изображения видимых и невидимых швов сварных соединений: а – видимый электрозаклёпочный; б – видимый стыковой односторонний; в – невидимый стыковой односторонний; 1 – условное обозначение шва по государственному стандарту

Государственный стандарт на шов не указывается в том случае, когда на чертеже имеются другие такие же швы, выполненные поэтому же стандарту. Тогда номер государственного стандарта указывается в технических требованиях: *Швы сварных соединений по ГОСТ...* или делается указание в таблице швов, расположенной на чертеже.

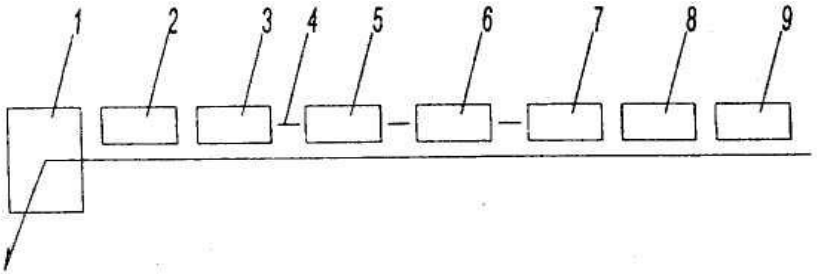


Рисунок 3 – Структура условного обозначения стандартного шва: 1 – вспомогательные знаки (см. таблицу 2, порядковые номера 3, 6), 2 –обозначение стандарта, 3 – буквенно-цифровое обозначение шва согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, 4 – знак «дефис», 5 – условное обозначение способа сварки (допускается не указывать), 6 – знак и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, 7 – другие характеристики шва (длина провариваемого участка, размер шага, размеры отдельных точек и др.), 8 – вспомогательные знаки (см. таблицу 2, порядковые номера 1, 2,4, 5 и 7), 9 – шероховатость поверхности шва

Рисунок 4 – Обозначение на чертеже одинаковых швов (цифрой 12 указано количество одинаковых швов)

Выполнение таблицы швов не регламентируется государственным стандартом, так как её содержание может быть различным из-за специфики отрасли и изделия. В таблице нельзя повторять то, что указано на изображении, в технических требованиях чертежа, в спецификации изделия и т. д.

Если выполненные швы одинаковы, им присваивают один и тот же номер, который наносят на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва, сопровождая номер шва указанием количества одинаковых швов. Над (под) линиями-выносками ставят порядковый номер шва, например

№ 1 (рисунок 4). От изображений остальных одинаковых с ним швов проводят линии-выноски, указывая порядковый номер шва на полке линии-выноски, с лицевой стороны шва, под полкой линии-выноски, с оборотной стороны шва. На линии-выноске, имеющей полку с нанесённым обозначением, допускается указывать количество одинаковых швов. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их тип и размеры конструктивных элементов, а также одинаковы предъявляемые к ним технические требования.

Сварочные материалы указывают в технических требованиях или таблице швов. Например, при сварке деталей из стали 12Х18Н10Т в технических требованиях делают запись: *Сварку по ГОСТ 11534-75 выполнить электродом Э- 04Х20Н9 ОСТ 6-291-79*. Допускается не указывать сварочные матери-

алы в том случае, когда при использовании любых пригодных для сварки материалов обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к сварному соединению.

Согласно ГОСТ 2.312-72 границы швов в поперечном сечении изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок деталей в границах шва – сплошными тонкими линиями. Но так как условное обозначение стандартного шва содержит полные сведения о нём, то подготовку кромок, зазор между ними и контур шва на поперечном сечении не показывают. Штриховка свариваемых деталей наносится в разных направлениях.

Способы сварки имеют следующие обозначения: Э – электродуговая, Г – газовая, Ш – электрошлаковая, И – в инертных газах, Уз – ультразвуковая, Тр – трением, Х – холодная, Дф – диффузионная, К – контактная, Эл – электронно- лучевая, Лз – лазерная, Вз – взрывом, Пз – плазменная, У – в углекислом газе.

Механизацию процесса сварки определяют индексом перед обозначением способа сварки: Р – ручная, А – автоматическая, П – полуавтоматическая (механизированная). Таким образом, РЭ обозначает ручную электродуговую сварку, АИ – автоматизированную в инертном газе (например, аргоне), ПУ – механизированную в углекислом газе.

Существуют также условные обозначения для технологических приёмов, используемых в процессе сварки. Для автоматической сварки приняты следущие обозначения: А – автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок и подушек и подварочного шва (на весу), Аф – автоматическая сварка под флюсом на флюсовой подушке, Ам – автоматическая сварка под флюсом на флюсомедной подушке, Ас – автоматическая сварка под флюсом на стальной подкладке, Апш – автоматическая сварка под флюсом с предварительным наложением подварного шва, Апк – автоматическая сварка под флюсом с пред- варительной подваркой корня шва.

Для полуавтоматической сварки используют те же обозначения, но с буквой П.

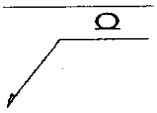
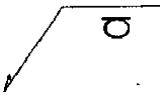
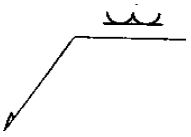
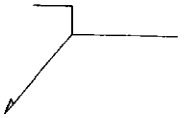
ИН – сварка в инертных газах вольфрамовым электродом без присадочного материала.

ИНп – то же, но с присадочным материалом.

ИП – сварка в инертных газах плавящимся электродом. УП – сварка в углекислом газе плавящимся электродом.

Для контактной сварки применяют следующие обозначения: Кт – точеч- ная, Кр – роликовая, Кс – стыковая, Ксс – стыковая сопротивлением, Кco -стыковая оплавлением.

Таблица 2**.** Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

№ п/п	Вспомогательный знак	Значения вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака	
			с лицевой стороны	с оборотной стороны
1		Усиление шва снять		
2		Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
3		Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
4		Шов прерывистый или то- чечный с цепным располо- жением. Угол наклона линии равен 60°		
5		Шов прерывистый или точечный с шахматным рас- положением		
6		Шов по замкнутому контуру. Диаметр знака – 3 – 5 мм		
7		Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если рас- положение шва ясно на чертеже		

Примечание: 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают ту, с которой выполняют сварку. 2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают ту, с которой выполняют сварку основного шва. 3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Кроме перечисленных стандартов (таблица 3), имеется целый ряд стандартов, касающихся сравнительно редко встречающихся соединений (сварные соединения, выполняемые контактной электросваркой и т. д.). Все приведённые выше стандарты устанавливают основные типы сварных соединений. В них рассмотрены характеристики и взаимосвязь вида соединения, формы подготовки кромок, формы поперечного сечения кромок и шва, пре-

делы толщин свариваемых дета- лей, а также условные обозначения способа сварки и шва сварного соединения.

В обозначении сварных швов допускается делать следующие упрощения:

- если швы сварного соединения выполняют по одному и тому же стандарту, номер ГОСТа указывают в технических требованиях чертежа или таблице швов записью по типу: *Сварные швы ...по...;*
- не присваивают порядковые номера одинаковым швам, изображённым на чертеже с одной стороны (лицевой или оборотной), и отмечают их линиями-выносками без полки (рисунок 5);
- линиями-выносками отмечают и обозначают швы лишь на одной из симметричных частей изделия при наличии на нём оси симметрии;
- одинаковые швы одинаковых составных частей изделия отмечают линиями-выносками и наносят их обозначение у одного из изображений (рисунок 6);
- на чертеже не отмечают швы линиями-выносками, ограничившись указаниями по сварке в технических требованиях, если эта запись однозначно определяет место сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении, а также расположение швов;
- одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз – в технических требованиях или таблице швов.

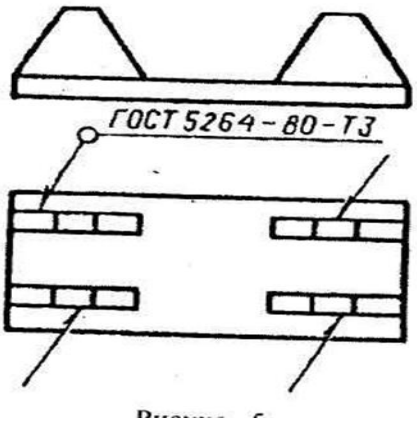


Рис. 5

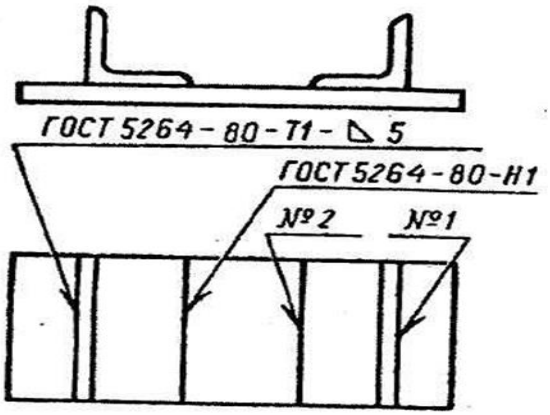


Рис. 6

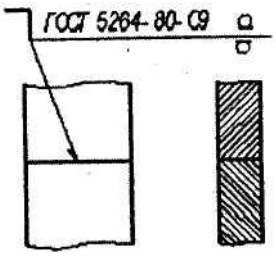
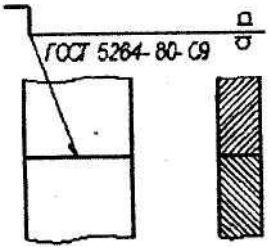
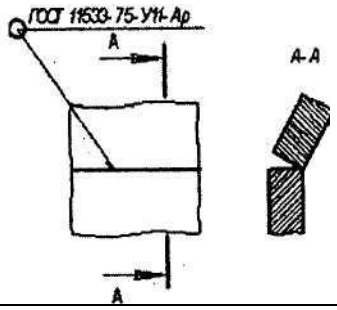
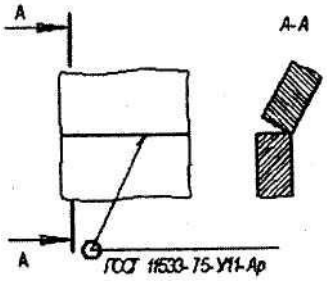
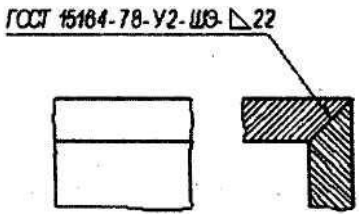
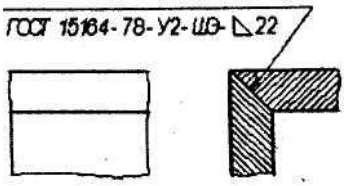
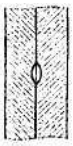
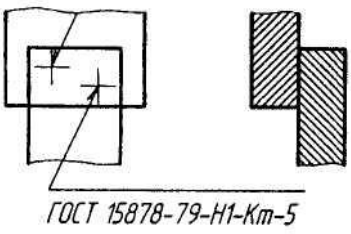
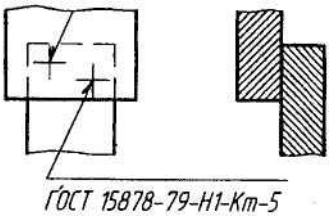
Примеры условных обозначений сварных соединений

Примеры условных обозначений сварных соединений взяты из приложения к ГОСТ 2.312-72 и представлены в таблицах 3,4.

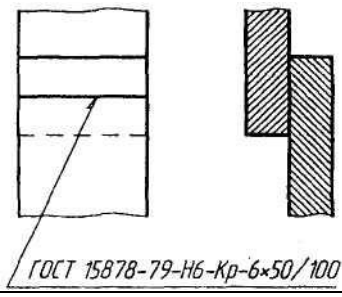
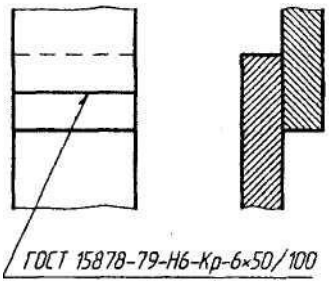
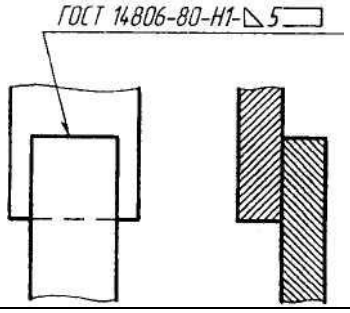
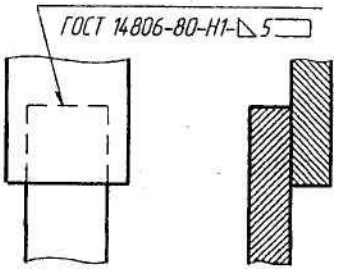
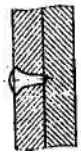
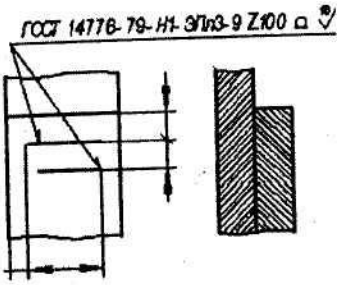
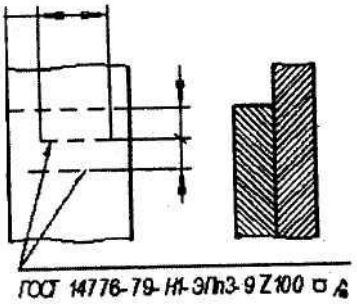
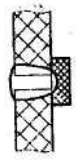
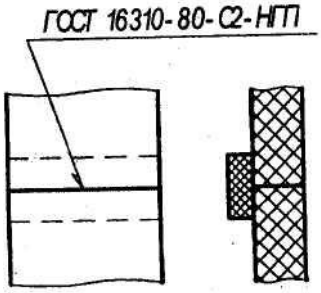
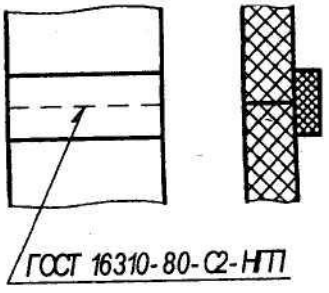
Таблица 3. Государственные стандарты на основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений

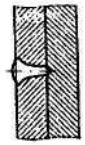
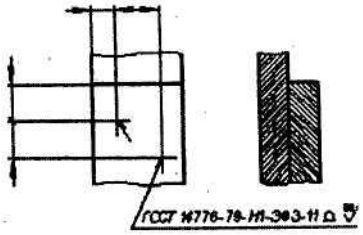
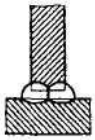
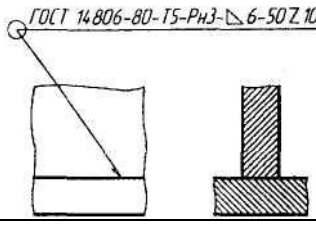
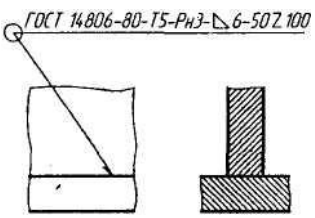
ГОСТ	**Способ сварки**	**Тип соединения**	**Условное обозначение шва**
5264-80	Ручная дуговая	Стыковое	С1…С25
		Угловое	У1..У10
		Тавровое	Т1…Т11
		Нахлесточное	Н1…Н3
11534-75	ке (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1…У8
		Тавровое	Т1…Т8
14771-76	защитных газах	Стыковое	С1…С28
		Угловое	У1…У10
		Тавровое	Т1…Т10
		Нахлесточное	Н1;Н2
23518-79	ке (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1…У10
		Тавровое	Т1…Т9
8713-79	Автоматическая и по- луавтоматическая под флюсом	Стыковое	С1…С34
		Угловое	У1…У10
		Тавровое	Т1…Т13
		Нахлесточное	Н1…Н6
11533-75	ке (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1…У6
		Тавровое	Т1…Т9
14806-80	Дуговая алюминия и алюминиевых сплавов (толщина элементов – 0,8 – 60 мм)	Стыковое	С1…С27
		Угловое	У1…У14
		Тавровое	Т1…Т12
		Нахлесточное	Н1…Н5
16098-80	Дуговая и электрошла- ковая двухслойной коррозионностойкой стали	Стыковое	С1…С22
		Угловое	У1…У11
		Тавровое	Т1…Т6
15164-78	Электрошлаковая	Стыковое	С1…С3
		Угловое	У1…У4
		Тавровое	Т1…Т3
14776-79	Дуговая электроза- клёпками под флюсом, в углекислом газе и ар- гоне	Нахлесточное	Н1…Н6

Таблица 4. Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений

Форма поперечного сечения	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполненный дуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сто- рон		
		
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполненный автоматической сваркой под флюсом с ручной подваркой по замкнутой линии		
		
Шов углового соединения со скосом кромок, выполненный электрошлаковой сваркой проволочным электродом. Катет шва – 22 мм		
		
Одиночные точки нахлёсточного соединения, выполненного контактной точечной электросваркой. Расчетный диаметр точки – 5 мм		

Форма попе-	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже

речного сечения	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		
Прерывистый шов нахлесточного соединения, выполненный контактной роликовой электросваркой. Ширина роликового шва – 6 мм; длина провариваемого участка – 50 мм; шаг – 100 мм		
			
Шов нахлесточного соединения без скоса кромок, односторонний, выполненный дуговой механизированной сваркой в защитных газах плавящимся электродом. Шов – по незамкнутой линии; катет шва – 5 мм		
			
Шов электрозаклёпочный нахлёсточного соединения, выполненный аргонодуговой сваркой плавящимся электродом. Диаметр электрозаклёпки – 9 мм; шаг – 100 мм; расположения электрозаклепок – шахматное; усиление снято; дана шероховатость обработанной поверхности		
			
Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполненный сваркой нагретым газом с присадкой		

Форма поперечного сечения	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		-
Одиночные электрозаклёпки нахлёсточного соединения, выполняемые дуговой сваркой под флюсом. Диаметр электрозаклепки – 11 мм; усиление снято; указана шероховатость обработанной поверхности		
		
Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый, с шахмат- ным расположением, выполняемый дуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии. Катет шва – 6 мм; длина прова- риваемого участка – 50 мм; шаг – 100 мм		

Примеры изображения поперечного сечения сварного соединения показаны на рисунке 6. На рисунке 6 а показано сварное соединение штуцера и фланца, на рисунке 6 б – сварной конструкции сборного колена. Широко используемыми в пищевой промышленности являются шнеки различных типов, при изготовлении которых часто используется сварка. В качестве примера обозначения сварных швов на рисунках 7 и 8представлены сварные конструкции шнека волчка и ленточного шнека.

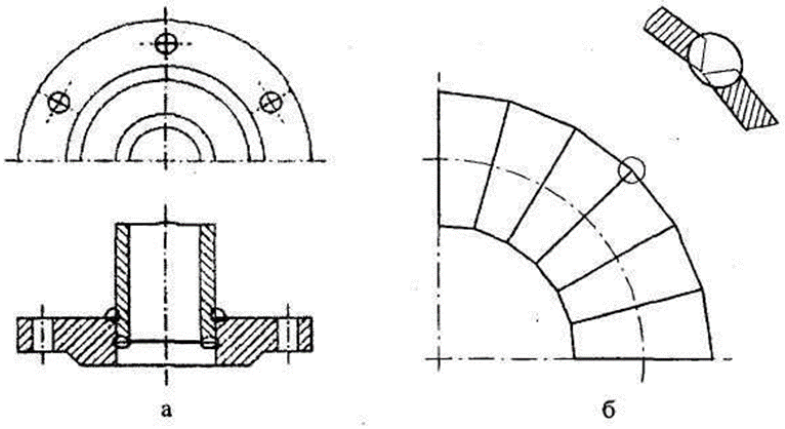


Рисунок 6 – Поперечные сечения сварных соединений, а – штуцера и фланца, б – сборного колена

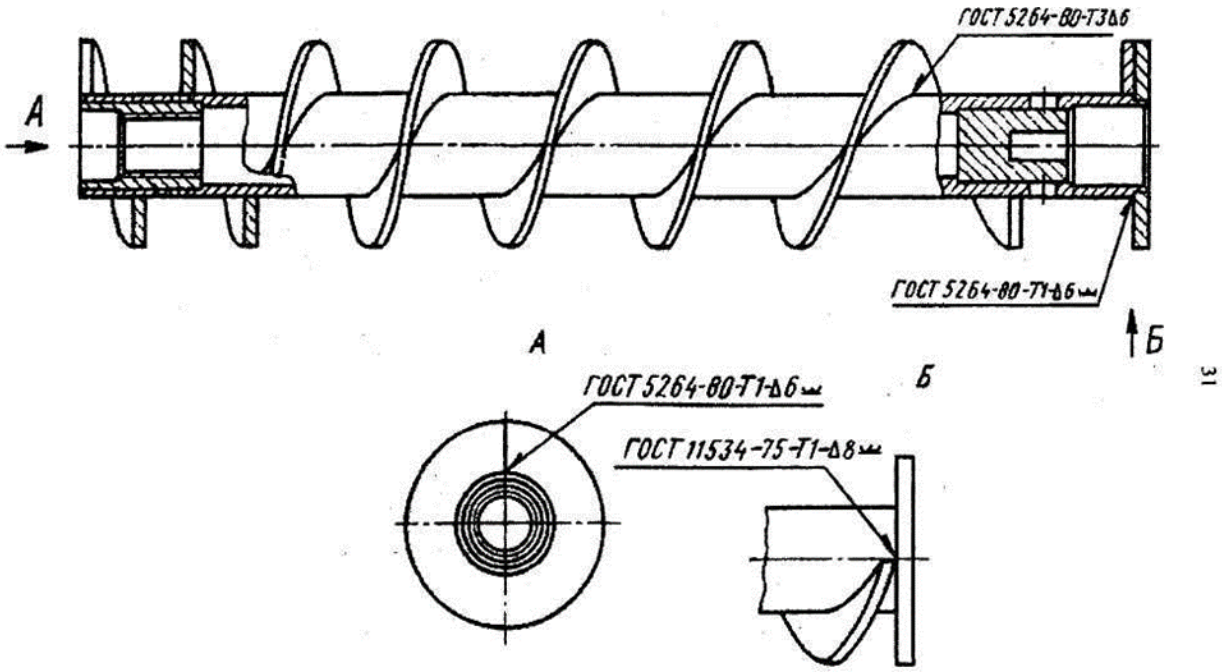


Рисунок 7 – Сварной шнек волочка

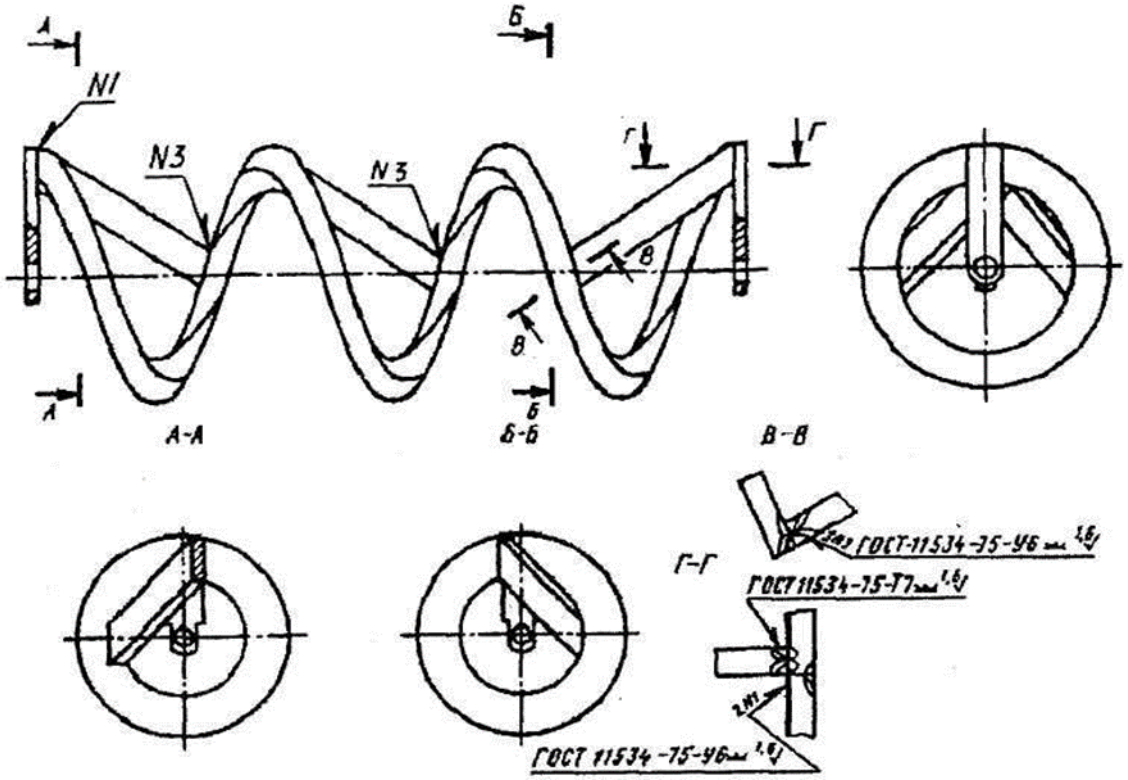


Рисунок 8 – Сварной ленточный шнек

Определение последовательности постановки сварочных прихваток по заданным условиям.

Важным этапом подготовки конструкции к сварке является сборка под сварку. Под ручную дуговую сварку конструкции собирают при помощи сборочных приспособлений или прихваток. Прихватки придают жесткость конструкции и препятствуют перемещению деталей при сварке. Сборку на

прихватках применяют при толщине металлов 6–10 мм, а при большей толщине используют сборочные приспособления.

Прихватки в сварке помогают точно зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга.

Сварочные прихватки– это короткие сварные швы, расположенные в соответствии с существующими нормами и правилами.

Назначение:

отсутствие смещения деталей во время сварки;

сохранение зазоров между деталями;

увеличение жесткости узла.

Прихватка – это процесс закрепления деталей при сборке под сварку при помощи коротких сварных швов, называемых прихваточными или «прихватками».

«Прихватки» выполняются ручной дуговой сваркой однопроходными швами с определенным шагом или расстоянием между швами.

Длина прихваточных швов зависит от протяженности соединения. Наиболее часто применяются прихватки длиной от 10 до 60 мм.

Виды прихваток:

1. Точечные:
2. Удаляемые.
3. Неудаляемые

Количество прихваток определяет шаг, через который располагаются точки (рис.9). Влияет на него толщина и жесткость деталей, а также размеры и форма свариваемого изделия.

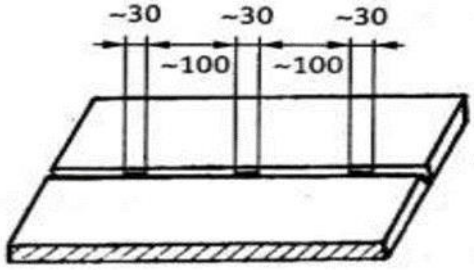


Рисунок 9 – Схемы расположения прихваток

При проверке качества прихваток следует обращать внимание на состояние поверхности и высоту прихваток. Загрязненные и с не удалённым шлаком прихватки могут привести к шлаковым включениям в металле шва, а прихватки большой высоты – к непровару.

После выполнения прихваток осуществляют зачистку поверхности прихваток, а также снимают усиление и брызги металла. Усиление прихваток не допускается, т.к. ономожет вызвать непровар или уменьшение ширины сварного шва в зоне прихватки.

Требования, предъявляемые к прихваткам

Так как именно от того, насколько правильно выполнены прихватки в сварке, зависит удобство дальнейшей работы со сварной конструкцией, а

следовательно, и ее качество. К этой операции предъявляются определенные требования, соблюдение которых строго обязательно.

Рассмотрим требования, предъявляемые к прихваткам:

1. Прихватки следует располагать равномерно по всей длине или периметру соединения с одинаковым расстоянием между ними.

2.Расстояние между прихваточными швами определяется в зависимости от протяженности соединения и обычно составляет от 80 до 350 мм.

3.Прихватки стыковых соединений без разделки кромок с толщиной металла > 4 мм выполняют узкими однопроходными швами, шириной b=(l,0...2,0) d э, где d э диаметр электрода, мм

4. Высота швов прихваток, накладываемых в разделку, зависит от толщины свариваемого металла и обычно составляет (0,5-0,6) б, но не менее 3,0 мм и не более 7,0 мм; б- толщина металла

5. Закрепление деталей с толщиной металла < 3 мм рекомендуется выполнять точечными прихватками с длиной - 5-9 мм

6. Прихватку стыковых соединений при наличии повышенных и неравномерных зазоров

Содержание отчета

В отчете следует привести эскизы конструктивных элементов сварных швов и соединений, описать порядок расположения прихваток на эскизе конструкции.

Контрольные вопросы

1. Что такое сварное соединение?
2. Какие существуют виды сварки?
3. Что представляет собой буквенно-цифровое обозначение сварного соединения?
4. Как выполняются основные виды сварных соединений?
5. Что такое усиление и катет сварного шва?
6. Как условно обозначают способы сварки?
7. Какие вспомогательные знаки применяют в обозначениях швов?
8. Где и как наносят на чертежах данные о сварных швах?
9. В чём отличие в изображении поперечного сечения стандартного и нестандартного сварных швов?
10. Каким образом указываются на чертежах одинаковые швы?
11. Какие допущения допускается делать при вычерчивании сварных соединений?
12. В чем особенность написания технических требований для чертежей сварных конструкций?

Лабораторная работа №2

Тема: «Схемы процессов дуговой сварки: покрытыми электродами; в защитных газах; под флюсом. Расшифровка условных обозначений швов сварных соединений по предложенному заданию»

Цель работы: изучить оборудование сварочного поста, освоить методику подбора режимов сварки.

А) РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Общие методические указания

Ручная дуговая сварка (РДС) относится к термическому классу. Источником тепла служит электрическая дуга, возникающая между электродом и *свариваемым изделием при протекании постоянного или переменного тока.*

При ручной дуговой сварке на стабильность горения дуги, качество наплавки или сварного шва, на производительность процесса влияет ряд факторов, важнейшие из которых:

1) правильный подбор и расчет основных параметров сварки;

2) правильный выбор источника питания (переменного, постоянного тока);

3) технологические свойства электродов.

Для питания сварочной дуги применяют источники переменного и постоянного тока. Источниками питания дуги переменного тока при ручной дуговой сварке являются сварочные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными обмотками типа ТС, ТСК, TD, схема которых показана на рисунке 10.

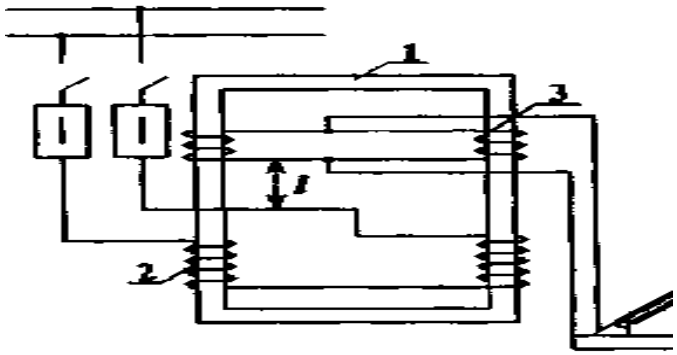


Рисунок 10 Конструктивная схема сварочного трансформатора

Сварочный ток регулируется изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками. При сближении обмоток магнитный поток рассеяния (часть основного магнитного потока, частично замыкающегося по воздушному зазору между обмотками) и индуктивное сопротивление уменьшаются, а сварочный ток увеличивается. Минимальный сварочный ток соответствует наибольшему расстоянию между обмотками.

Свойства источника тока определяются его внешней характеристикой, представляющей зависимость напряжения на зажимах источника от тока в сварочной цепи $U = f(I)$. Устойчивость горения дуги зависит от соотношения форм внешней характеристики источника и статической характеристики дуги. Для ручной дуговой сварки, когда характеристика дуги жесткая (рисунок 11), внешняя характеристика источника питания должна быть крутопадающей (кривая1). Кроме того, при крутопадающей характеристике облегчается зажигание дуги за счет повышенного напряжения холостого хода и ограничивается ток короткого замыкания.

Вольтамперные характеристики дуги приведены на рисунке 11.

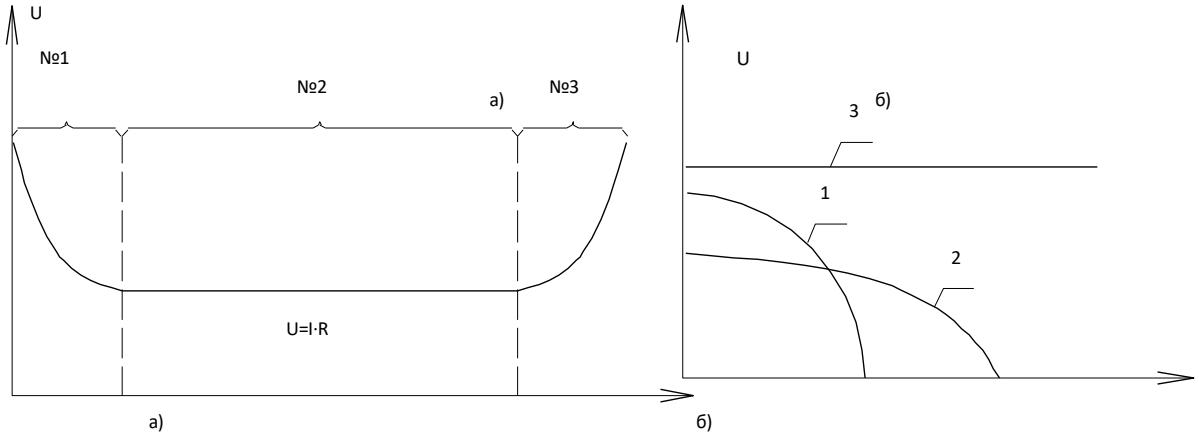


Рисунок 11 Вольтамперные характеристики: дуги (а) и источника питания(б): 1 – крутопадающая; 2 – пологопадающая; 3 – жесткая

Режим сварки один из основных элементов технологического процесса, который определяет качество и производительность сварки. При РДС основными параметрами режима являются диаметр электрода Dэ в мм, сварочный ток Iсв в амперах, напряжение на дуге Uд в вольтах и скорость сварки Vсв в м/ч.

Определение режима сварки начинают с выбора диаметра электрода, его типа и марки. Диаметр электрода Dэ выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла S (таблица 5) при сварке стыковых соединений и от катета шва h (таблица 6) при сварке угловых и тавровых соединений.

Таблица 5. Значения диаметра электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей

Толщина деталей S, мм	1,5 … 2	3	4 … 8	9 … 12	13 … 15	16 … 20
Диаметр электрода $D_э$, мм	1,6 … 2		4	4-5	5	5 … 6

Таблица 6 – Значение диаметра электрода в зависимости от катета шва

Катет шва h, мм	3	4 … 5	6 … 9
Диаметр электрода $D_э$, мм	3	4	5

Марку электрода выбирают в зависимости от химического состава свариваемого металла. Покрытие электрода со шлакообразующей основой на базе карбонатов кальция или магния и плавикового шпата называется основным. Основные покрытия пригодны для сварки и углеродистых, и легированных сталей. Наиболее известные марки электродов этой группы – УОНИИ-13/45, АНО-7, АНО-8. Наплавленный ими металл обладает высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах.

Покрытие со шлакообразующей основой на базе рутила (TiO2) называют рутиловым, которое является наиболее распространенным в нашей стране. Широко используют электроды марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4 из-за высоких механических свойств швов и хороших сварочно-технологических характеристик.

При выборе типа электрода следует руководствоваться ГОСТ 9467–75. В нем предусмотрено девять типов электродов: Э38, Э42, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60. Их применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа. Для сварки легированных сталей с временным сопротивлением свыше 600 Мпа используют электроды Э70, Э150. В обозначении типа электрода указаны буква Э (электрод) и цифра, показывающая минимальное временное сопротивление разрыву металла шва или наплавленного металла в кгс/мм2. Буква А после цифрового обозначения электродов указывает на повышенные пластичность и вязкость металла шва.

Тип электрода выбирают таким образом, чтобы прочность металла шва и прочность основного металла были примерно равны. Например, если у основного металла $\sigma_в$ = 480 МПа, то следует выбирать электрод типа Э50 или Э50А.

Сварочный ток в зависимости от диаметра электрода определяют по формуле

$$I_{св} = k\, D_э\ , А \qquad (1)$$

где $D_э$ – диаметр электрода, мм; k – коэффициент, зависящий от диаметра электрода и типа покрытия.

Таблица 7- Значения опытного коэффициента в зависимости от диаметра электрода

Диаметр электрода $D_э$, мм	2	3	4	5	6
Опытный коэффициент, k	25… 30	30… 45	35… 50	40… 55	45… 60

При сварке вертикальных швов сварочный ток уменьшается на 10 %, потолочных – на 20 % против расчетного.

Напряжение на дуге определяют по формуле

$$U_д = \alpha + \beta\, L_д\ , \qquad (2)$$

где U– падение напряжения на электроде (α = 10 … 12 В – для стальных электродов, α = 35 … 38 В – для угольных электродов); β = 2 В/мм – падение напряжения на 1 мм дуги; д L – длина дуги, $L_д = 0{,}5(D + 2)$, мм.

Для наиболее широко применяемых электродов в среднем $U_Д$ составляет 25 … 28 В.

Расплавление металла электрода характеризуется коэффициентом расплавления $\alpha_р$, который показывает, какая масса металла электрода при силе тока в один ампер расплавится за один час горения дуги:

$$\alpha_р = G_р / I_{св}\, t\ , \text{ г/А *ч} \qquad (3)$$

где $G_р$ – вес расплавленного металла, г; $I_{св}$ – сила сварочного тока, А; t – время горения дуги, ч.

Не весь расплавленный металл электрода переносится в шов. Часть его теряется на разбрызгивание, испарение и угар. Поэтому производительность процесса сварки определяют, исходя из коэффициента наплавки $\alpha_н$, который меньше коэффициента расплавления на величину потерь электродного металла,

$$\alpha_н = G_н / I_{св}\ , \text{ г/А*ч} \qquad (4)$$

где $G_н$ – вес наплавленного металла, г.

Коэффициент потерь

$$\Psi = G_р - G_н / G_р * 100\ \% \qquad (5)$$

Значения рассмотренных коэффициентов зависят от марок электродов, рода и полярности тока и составляют $\alpha_р$= 7 … 13 г/А · ч; $\alpha_н$ = 6 … 12,5 г/А · ч;

Ψ = 5 … 25 %.

Скорость сварки определяют из выражения

$$V_{св} = \alpha_н I_{св} / \gamma F_{нм}\ ,\ м/ч \qquad (6)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч; $\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·ч; γ– плотность металла, г/мм3 (для стали $\gamma = 7{,}85 \cdot 10^{-3}$г/мм^3); $F_{нм}$ – площадь сечения наплавленного металла шва, представляющая сумму элементарных геометрических фигур, составляющих сечение шва, мм^2. Приближенно площадь поперечного сечения шва считается равной площади равностороннего треугольника с углом раскрытия кромок 60 ˚.

Порядок выполнения работы

1. Изучить оборудование сварочного поста.
2. Изучить устройство и принцип работы источника питания электрической дуги.
3. Рассчитать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 8. Исходные данные для расчёта параметров режима ручной дуговой сварки

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление разрыву Ов , МПа	Толщина металла S, мм	Вид соединения	Положение шва в пространстве
1	2	3	4	5	6
1	Ст3сп	400	4	угловое	нижнее
2	10	340	6	угловое	нижнее
3	20Г	460	3	стыковое	нижнее
4	16ГС	530	5	стыковое	потолочное
5	15ХСНД	500	8	стыковое	вертикальное
6	10Г2С	520	7	стыковое	нижнее
7	ВСт2сп	370	7	угловое	нижнее
8	14Г2	470	10	стыковое	нижнее
9	09Г2	450	6	стыковое	потолочное
10	15	380	4	стыковое	вертикальное
П р и м е ч а н и е. При сварке угловых швов с толщиной детали 4 … 6 мм катет шва будет 5 мм, с толщиной 6 … 8 мм – 6 мм					

4. Рассчитать режим ручной дуговой сварки. Для расчета параметров РДС исходные данные взять в таблице 8, согласно номера варианта, заданного преподавателем.

а) Выбрать диаметр электрода (таблицы 5 и 6).

б) Определить величину сварочного тока по формуле (1) и таблице 7.

в) Определить напряжение на дуге по формуле (2).

г) Выбрать тип и марку электрода.

д) Полученные данные занести в таблицу 9.

Таблица 9. Результаты расчёта ручной дуговой сварки

Номер варианта	Диаметр электрода $D_э$, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А	Сварочное напряжение $U_д$, В	Тип электрода	Скорость сварки $V_{св}$, м/ч

5. Рассчитать коэффициенты расплавления, наплавки и потерь по формулам (3) – (5).

6. Определить скорость сварки по формуле (6).

Содержание отчета

1. Название и цель работы, описание оборудования сварочного поста.
2. Схема источника питания и описание основных его узлов.
3. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки, табл. 6.
4. Расчет технологических коэффициентов электродных покрытий.

Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип работы сварочного трансформатора.
2. Электрическая дуга и ее свойства.
3. Внешняя характеристика источника питания и требования к ней.
4. Сварочные электроды.
5. Основные параметры режима ручной дуговой сварки.

Б) ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Цель работы: знакомство с особенностями, и технологией полуавтоматической сварки в среде углекислого газа.

Общие методические указания

Особенность полуавтоматической сварки в среде углекислого газа заключается в том, что электрическая дуга горит между голой электродной проволокой и свариваемым металлом в среде углекислого газа, который оттесняет воздух из зоны сварки. В интервале высоких температур углекислый газ является активным окислителем, так как диссоциирует с образованием атомарного кислорода: $CO2 = CO + O$. В результате, в сварочной ванне могут протекать следующие реакции:

$$C + O = CO,\ Fe + O = FeO,\ Mn + O = MnO,\ Si + 2O = SiO2.$$

Из этих реакций видно, что при сварке в углекислом газе происходит повышенное выгорание элементов, входящих в

состав основного металла: углерода, кремния, марганца и др.

Чтобы подавить реакции окисления, а также пополнить выгоревшие примеси, при сварке в углекислом газе применяют

электродную проволоку, легированную марганцем и кремнием. Они восстанавливают железо из его закисей, при этом образовавшиеся окислы марганца и кремния переходят в шлак:

$$FeO + Mn = MnO + Fe;\ 2FeO + Si = SiO2 + 2Fe.$$

Сварка в среде углекислого газа – процесс высокопроизводительный – может выполняться во всех пространственных положениях и производится постоянным током обратной полярности. Переменный ток и постоянный ток прямой полярности не применяются из-за недостаточной устойчивости процесса и неудовлетворительного качества и формы шва.

В углекислом газе сваривают в основном сварные конструкции из конструкционной углеродистой и низколегированной стали (газопроводы, нефтепроводы, корпуса судов и химических аппаратов и т.п.).

Преимущества полуавтоматической сварки в среде углекислого газа с точки зрения ее стоимости и производительности позволяют заменять ею ручную дуговую сварку качественными электродами.

Для сварки в углекислом газе применяется полуавтомат ПДГ-312-1УЗ (рисунок 12), который предназначен для электродуговой сварки проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70 диаметром 1,0 … 1,4 мм в углекислом газе изделий из малоуглеродистой и низколегированной стали.

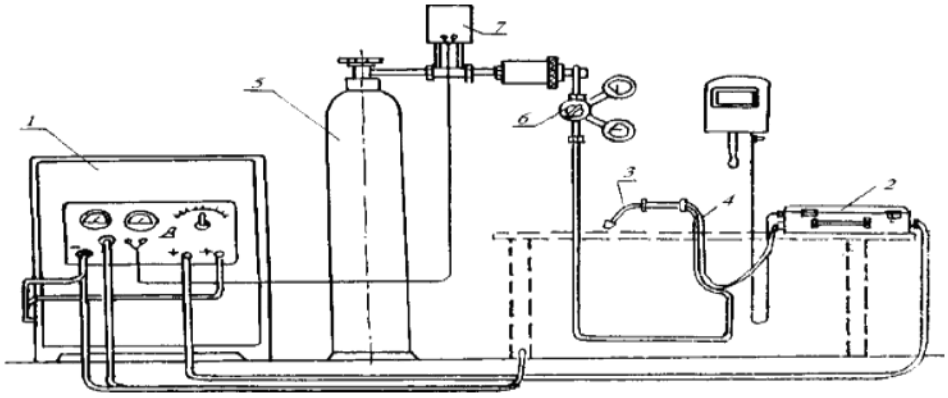


Рисунок 12 Схема полуавтомата для сварки и углекислого газа
1- сварочный выпрямитель; 2- подающий механизм; 3- газоэлектрическая горелка;4- шланг; 5- боллон с газом; 6- газовый редуктор; 7- подогреватель газа.

Подающий механизм предназначен для подачи электродной проволоки из кассеты через шланг в горелку. Проволока подается парой роликов, один из которых – ведущий. Ведущий ролик приводится в движение электродвигателем типа КПА- 563. Скорость подачи проволоки изменяется в диапазоне 75 … 1000 м/ч. Шланг 4 предназначен для подвода сварочного тока и электродной проволоки от подающего механизма к горелке. Газоэлектрическая горелка 3 служит для подвода сварочного тока, электродной проволоки и углекислого газа непосредственно к электрической дуге. На рукоятке горелки установлена пусковая кнопка для включения сварочного тока и двигателя подачи проволоки.

Газовая аппаратура включает в себя баллон с углекислотой, газовый редуктор 6 и подогреватель газа 7. Баллон предназначен для хранения углекислоты (малый – 12 кг, большой – 25 кг) под давлением 15 МПа. Подогреватель предназначен для подогрева углекислого газа, поступающего из баллона в редуктор с целью предупреждения замерзания клапанов при перепаде давления. Редуктор предназначен для понижения давления газа до рабочего – 0,5 МПа и поддержания его постоянным в процессе сварки. Сварочный выпрямитель типа ВДГ-303-ІУ3 служит источником питания сварочной дуги. При сварке в среде защитных газов плавящимся электродом основными параметрами технологического режима являются: диаметр электродной проволоки $D_{эв}$ мм, сварочный ток Iсв в амперах, напряжение на дуге $U_д$ в вольтах, скорость сварки Vсв в м/ч, скорость подачи электродной проволоки $V_{п.п.}$ в м/ч, вылет электрода $L_э$ в мм, род тока и полярность. Диаметр электродной

проволоки подбирают в зависимости от толщины свариваемого металла по данным таблицы 10.

Таблица 10. Рекомендуемые диаметры электродной проволоки для сварки в углекислом газе

Толщина металла S,мм	0,6… 1,0	1,2 … 2,0	3,0 … 4,0	5,0 … 8,0	9,0 …12,0	13,0…18,0
Диаметр электрод-ной прово-локи Dэ, мм	0,5 .. 0,8	0,8 … 1,0	1,0 … 1,2	1,6 … 2,0	2,0	2,0 … 2,5

Сварочный ток рассчитывается по формуле

$$I_{св} = jF_{эп}, \text{ А}, \quad (7)$$

где j – плотность тока, А/мм^2;

$F_{эп}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм^2.

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле

$$Vп.п. = 4\alpha_р I_{св} / \pi D_э^2 \gamma, \text{ мм/с} \quad (8)$$

где $\alpha_р$ – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А ·с;

$I_{св}$ – сварной ток, А;

$D_э$ – диаметр электродной проволоки, мм;

$\gamma = 7{,}85 \cdot 10^{-3}$ г/мм^3 – плотность металла.

Величина коэффициента расплавления определяется из зависимости

$$\alpha_р = (8{,}3 + 0{,}22\, I_{св} / D_э) * 10^{-4}, \text{ г/А·с}. \quad (9)$$

Скорость сварки определяется по формуле

$$V_{св} = \alpha_н I_{св} / F_н \gamma \quad (10)$$

где $\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А ·с;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

F – площадь поперечного сечения шва, мм^2.

Коэффициент наплавки определяется по формуле

$$a_н = a_р(1-\psi/100), \text{ г/А·с} \quad (11)$$

где ψ = 7 … 15 % – потери электродного металла на угар, испарение и разбрызгивание.

Площадь поперечного сечения шва Fн приближенно считается равной площади равностороннего треугольника с углом раскрытия кромок 60^o. Напряжение дуги выбирается по таблице 15.

Таблица 11. Рекомендуемые значения напряжения дуги

Диаметр электродной проволоки $D_э$, мм	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Напряжение на дуге $U_д$, В	17…22	19…24	20…27	20…31	21…34	23…37

Вылет электрода (длину электродной проволоки между ее концом и выходом из мундштука горелки) рекомендуется выбирать в зависимости от диаметра электродной проволоки по таблице 16.

Таблица 12. Рекомендуемые значения вылета электродной проволоки в зависимости от ее диаметра

Диаметр электродной проволоки $D_э$, мм	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Вылет электрода $L_э$, мм	6…12	7…13	8…15	13…20	15…20	15…30

Расход углекислого газа определяется в зависимости от величины тока, скорости сварки, вылета электрода и в среднем находится в пределах $1 \cdot 10–4 \ldots 3 \cdot 10^{-4}$ м^3/с.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы полуавтомата для сварки в углекислом газе.

2. Подобрать и рассчитать основные параметры полуавтоматической сварки в среде углекислого газа. Необходимые данные для расчета взять в таблице 13, согласно номера варианта, заданного преподавателем.

Таблица 13. Задание для расчета параметров режима полуавтоматической сварки в углекислом газе

Исходные параметры сварки	Номер варианта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина металла S, мм	0,6	1,0	2,0	4,0	5,0	8,0	10,0	15,0
Плотность тока j, А/мм	250	200	150	120	120	100	100	90

3. Подобрать диаметр электродной проволоки по данным таблицы10.
4. Рассчитать сварочный ток по формуле (7).
5. Определить величину коэффициента расплавления по формуле (9).
6. Рассчитать скорость подачи электродной проволоки по формуле (8).
7. Определить коэффициент наплавки по формуле (11).
8. Определить скорость сварки по формуле (10).
9. По табл. 11 выбрать напряжение дуги.
10. По таблице 12 выбрать величину вылета электродной проволоки.

11. Результаты расчета занести в таблицу 14.

Таблица 14. Результаты расчета параметров режима полуавтоматической сварки в углекислом газе

Вариант	Диаметр электрода Dэ , мм	Сварочный ток I, А	Скорость подачи проволоки Vп.п., м/ч	Скорость сварки Vсв, м/ч	Вылет электрода Lэ, мм	Напряжение на дугеU, В

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Сущность сварки в среде углекислого газа.
3. Схема полуавтомата с описанием основных узлов.
4. Расчет режима сварки.
5. Результаты расчетов (таблица 17).

Контрольные вопросы

1. Сущность способа сварки в углекислом газе.
2. Преимущества и недостатки данного способа по сравнению с ручной дуговой сваркой.
3. Устройство и принцип работы полуавтомата.

В) ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Цель работы: изучить оборудование сварочного поста полуавтоматической сварки под слоем флюса. Освоить методику расчета режима полуавтоматической сварки под слоем флюса.

Общие методические указания

Сварка под слоем флюса – самый старый способ механизированной дуговой сварки. Ее осуществляют автоматами или шланговыми полуавтоматами голой сплошной проволокой. Зону стыка перед дугой засыпают слоем флюса толщиной до нескольких сантиметров. Дуга горит под слоем флюса и не видна, поэтому процесс иногда называют сваркой закрытой дугой. Часть флюса плавится и образует шлак, защищающий жидкий металл от воздуха. Толщина слоя шлака значительно больше, чем при ручной сварке, поэтому качество защиты лучше.

По технологии изготовления флюсы подразделяют на плавленные и керамические. Плавленные флюсы получают расплавлением соответствующих шихт в электрических и пламенных печах и их последующей грануляцией. Они состоят из различных оксидов и плавикового шпата. Плавленные флюсы обеспечивают защиту сварочной ванны от воздуха, стабилизацию сварочной дуги и раскисление металла шва. Керамические флюсы представляют собой гранулированные смеси порошков на связке. Наряду с рудоминеральными веществами в них вводят ферросплавы, углеродистые и другие вещества. Это

позволяет легировать металл шва и проводить металлургическую обработку расплавленного металла, улучшающую качество шва.

В качестве электродов для сварки под флюсом используют специальную сварочную проволоку. Сварочные проволоки для стали маркируют аналогично качественным и легированным сталям с буквами "Св" впереди. Например: Св-08, Св-01Х19Н9.

Схема установки и процесс полуавтоматической сварки горизонтального стыкового шва электродной проволокой под слоем флюса показаны на рисунках 13 и 14.

Из рисунка 9 видно, что под действием электрической дуги 1, горящей между электродной проволокой 2 и свариваемым изделием 3, флюс 4 частично расплавляется, образуя эластичную оболочку 5 в форме пузыря и ванну жидкого шлака 6 на поверхности расплавленного металла 7.

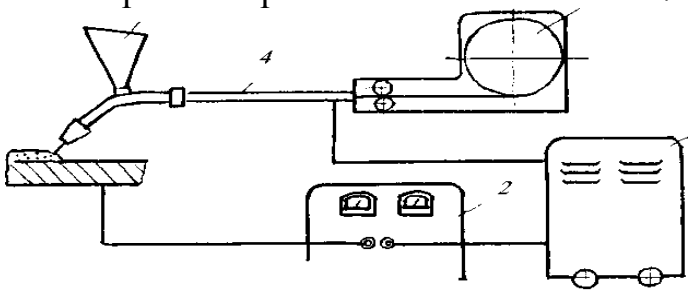


Рисунок 13 – Устройство полуавтомата для сварки под слоем флюса:
1 – трансформатор; 2 – шкаф управления; 3 – подающий механизм;
4 – шланг; 5 – электродержатель с бункером для флюса

Рисунок 14 – Схема сварки под слоем флюса:
1 – электрическая дуга; 2 – электродная проволока; 3 – свариваемое изделие; 4 – флюс; 5 – оболочка; 6 – ванна жидкого шлака;7 – расплавленный металл; 8 – сварной шов

По мере перемещения дуги вдоль разделки шва наплавленный металл остывает и образует сварной шов 8. Жидкий шлак, имея более низкую температуру плавления, чем металл, затвердевает несколько позже, замедляя охлаждение металла шва. Продолжительное пребывание металла шва в расплавленном состоянии и медленное остывание способствует выходу на поверхность всех неметаллических включений и газов, получению чистого, плотного и однородного по химическому составу металла шва. Полуавтомат ПШ-5 представляет собой универсальный и высокоманевренный сварочный агрегат, работающий при постоянной скорости подачи электродной проволо-

ки. Он может работать также при питании постоянным током от сварочного генератора.

Описание узлов сварочного полуавтомата

Подающий механизм предназначен для подачи электродной проволоки через гибкий шланг к держателю. Электродержатель имеет рукоятку, на которую крепится бункер для флюса с заслонкой, кнопочный выключатель и упор для направления держателя по свариваемому стыку. Одного бункера достаточно для шва 80 … 130 см. Шкаф управления содержит контрольные приборы (амперметр, вольтметр) и устройства для включения и выключения системы управления. Сварка под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой более экономична, обеспечивает более стабильное высокое качество соединений и высокую производительность (в 5 – 20 раз выше ручной дуговой сварки). Недостатками процесса являются: повышенная жидкотекучесть металла и флюса; невозможность наблюдения за процессом сварки; возможность сварки только в нижнем положении.

Расчет режима сварки под слоем флюса

При полуавтоматической сварке под слоем флюса в режим входят: диаметр электродной проволоки, сварочный ток, напряжение на дуге, скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки.

Марку электродной проволоки и флюс назначают в зависимости от химического состава свариваемого металла. При сварке низкоуглеродистых сталей применяют флюсы марок АН-348А и ОСЦ-45 (ГОСТ 9087–81) и низкоуглеродистые проволоки марок СВ-08 и СВ-08А (ГОСТ 2246–70).

Для сварки высоколегированных сталей используется проволока соответствующего состава, например, для сталей Х18Н10Т – СВ04Х19Н9 или СВ-06Х19Н10Т и флюсы марок АН-26, АНФ-16.

Устанавливают требуемую глубину проплавления h, мм. При односторонней сварке она равна толщине S металла h = S, а при двусторонней и угловой сварке h = 0,6S. Выбирают ориентировочно сварочный ток из расчета 80 ... 100 А на 1 мм глубины проплавления:

$I_{св}$ = (80 ... 100) h, А. Назначают напряжение на дуге в диапазоне 30 ... 40 В.

Далее определяют массу наплавленного на изделие металла. При расходе электродной проволоки следует учитывать потери на угар и разбрызгивание, которые составляют 2 ... 5 % от веса наплавленного металла.

Диаметр электродной проволоки $D_э$ выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (таблица 15).

Таблица 15. Значения диаметра электродной проволоки в зависимости от толщины свариваемого металла

S, мм	0,8 … 1	1,2 … 2	2 … 3	3 … 5	6 … 8
$D_э$, мм	0,5 … 0,8	0,8 … 1	1,2 … 1,6	1,6 … 2	1,6 … 2

Коэффициент наплавки $\alpha_н$ выбирают в зависимости от сварочного тока и диаметра электродной проволоки, что составляет в среднем 14 ... 16 г/А ч.

Скорость сварки ($V_{св}$, м/ч) определяют из выражения (12)

$$V_{св} = \alpha_н I_{св} / \gamma F_{н.м} , \quad (12)$$

где $\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А · ч; γ–плотность металла, г/см^3 (для стали γ =7,85 г/см^3); $F_{н.м}$ – площадь сечения наплавленного металла шва.

При определении $F_{н.м}$ за основу принимаются три размера: глубина провара – h, мм; ширина шва – L, мм и выпуклость шва – q, мм. Эти велиqчины определяются из коэффициента формы провара $\Psi_{пр} = L / h$ и коэффициента формы валика $\Psi_в = L / q$. Опытным путем установлены величины этих коэффициентов. Они составляют $\Psi_{пр}$ = 1,3 … 4 и $\Psi_в$ = 5 … 8. Принимаем $\Psi_{пр} = 3$ и $\Psi_в = 6$. Тогда ширина шва составляет $L = \Psi_{пр} \cdot h = 3 h$, мм, а выпуклость шва $q = L / \Psi_в = 3h / 6 = h/2$, мм.

Площадь наплавленного металла можно определить по опытной формуле $F_{н.м} = 0{,}751\ q$, мм^2, что в нашем случае составляет $F_{н.м} = 0{,}75 \cdot 3h \cdot 1/2\ h = 1{,}125\ h^2$, мм^2.

Зная площадь наплавленного металла, плотность и длину сварных швов, определяют массу наплавленного металла по формуле $G_{н.м} = F_{н.м} L \gamma$; где $G_{н.м}$ – масса наплавленного металла, г; $F_{н.м}$ – площадь наплавленного шва; L – длина сварных швов на изделии, см; γ– плотность металла, г/см^3.

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле (13)

$$V_{п.п} = \alpha_ρ I_{св} / F_{эл.пр} \gamma, \text{ м/ч}, \quad (13)$$

где $\alpha_ρ$– коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·ч; $I_{св}$ – сварочный ток, А; $F_{эл.пр}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки ,м; γ– плотность металла (стали).

Коэффициент расплавления электродной проволоки можно приближенно принять равным коэффициенту наплавки, т.е. 14 … 16 г/А·ч.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы полуавтомата для сварки под флюсом. Зарисовать схему полуавтомата с описанием основных узлов.

2. Рассчитать режим сварки. Необходимые данные для расчета взять в таблице 16 согласно варианта, заданного преподавателем.

3. Полученные результаты расчета занести в таблицу 17.

Таблица 16. Задание для расчета параметров режима сварки

№ варианта	1	2	3	4	5
Толщина металла *S*, мм	2,6	2,8	1,0	1,2	3,0
Материал	ВСт3	15ГС	15Г2С	12ХН	Сталь 10
№ варианта	6	7	8	9	10
Толщина металла *S*,	4,0	5,0	6,0	2,5	1,5
Материал	Сталь 15	Сталь 20	Сталь 25	Х18Н10	Х17Н2

Таблица 17. Результаты расчета параметров режима сварки

Номер варианта	Диаметр электродной про-волоки $D_э$, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А	Напряжение дуги $U_д$, В	Скорость подачи проволоки $V_{п.\ п}$, м/ч	Скорость сварки $V_{св}$, м/ч

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Сущность особенности и применение полуавтоматической сварки под слоем флюса.
3. Устройство и принцип работы полуавтомата ПШ-5.
4. Расчет параметров режима сварки (таблица 24).

Контрольные вопросы

1. Сущность, особенности и применение полуавтоматической сварки под слоем флюса.
2. Устройство и принцип работы полуавтомата для сварки.
3. Преимущества и недостатки способа.

Лабораторная работа №3

Тема: «Изучение влияния параметров режима сварки на размеры и форму шва по предложенному заданию»

Цель работы: рассмотреть, как параметры режима сварки влияют на размеры и форму шва.

Задание

1. Студенты должны перечислить и рассмотреть, как влияют параметры режима сварки на размер и форму шва.
2. Выполнить рисунок, на котором показать как зависят размеры и форма шва от параметров режима сварки (выполняем в рабочей тетради).
3. Сделать вывод по работе.

Общие методические указания

К основным параметрам режима дуговой сварки относятся:

- величина, плотность, полярность и род сварочного тока;
- напряжение дуги;
- скорость сварки;
- площадь сечения (диаметр) проволоки (электрода).

Дополнительные параметры:

- толщина и состав электродного покрытия;
- вылет сварочной проволоки;
- положение электрода и изделия при сварке;
- размер зерен сварочного флюса и его состав.

От этих параметров зависят форма и размеры шва, его химический состав. На форму и размеры шва также влияет и техника сварки.

С повышением *сварочного тока* возрастает глубина провара, а ширина шва практически не изменяется.

С увеличением *напряжения дуги* ширина шва резко возрастает, глубина провара уменьшается. Также снижается и выпуклость (высота усиления) шва. При сварке на постоянном токе (в особенности обратной полярности) ширина шва будет гораздо больше, чем при сварке на переменном токе с таким же значением напряжения.

С возрастанием *скорости сварки* ширина шва уменьшается, а глубина провара сначала увеличивается (до скорости 40–50 м/ч), а затем понижается. При скорости сварки свыше 70–80 м/ч возможны подрезы по обеим сторонам шва из-за недостаточного прогрева основного металла.

С уменьшением *диаметра проволоки* (при прочих равных условиях) возрастает плотность тока в электроде, что приводит к росту глубины провара и выпуклости шва, но при этом снижается ширина шва. Таким образом, при уменьшении диаметра проволоки можно получить более глубокий провар при неизменной силе тока или такой же провар при меньшей силе тока.

При возрастании *вылета проволоки* диаметром не более 3 мм из токоподводящего мундштука снижается глубина провара, что может привести к возникновению краевых наплавов в шве. Повышение вылета проволоки диаметром 5 мм с 60 до 150 мм не оказывает влияние на форму сварного шва.

Контрольные вопросы

1.Влияние величины плотности, полярности и рода сварочного тока на ширину сврного шва.

2.Как с увеличением *напряжения дуги* изменяется глубина провара?

3.Причина образования подрезов в сварном шве?

4.Как влияет диаметр сварочной проволоки на размеры и форму сварного шва?

5. Какие факторы способствуют возникновению краевых наплавов в шве?

Лабораторная работа №4

Тема: «Основные дефекты сварных швов, причины их образования и способы устранения»

Цель работы: знакомство с дефектами сварных соединений и с методами контроля качества сварных швов.

Задание

1.По стендам, плакатам и настоящему пособию ознакомиться с основными дефектами сварных соединений и причинами их появления.

2.Изучить методы контроля качества сварных соединений, ознакомиться с оборудованием для обнаружения дефектов в сварных соединениях.

3.У преподавателя получить образцы с дефектами сварных швов, описать дефект. В заключение работы составить отчет.

Общие методические указания

Дефекты электродуговой сварки

Дефекты сварных швов представлены на рис.15-27.

Непровар образуется из-за малой силы *тока*, большой скорости сварки, смещения электрода с оси шва, неудовлетворительной сборки (уменьшения зазора между соединяемыми элементами), а также при сварке элементов большой толщины без разделки кромок.

Подрез (канавка вдоль шва) образуется при завышенной силе тока, большом катете шва, выполняемого не «в лодочку», малой скорости сварки и завышенном напряжении.

Прожог (сквозное отверстие в сварном шве) является следствием вытекания жидкого металла из сварочной ванны. Причины появления прожога: большая сила тока, малая скорость сварки, неплотное прилегание соединяемых элементов между собой (при сварке «на весу») или к подкладке

Шлаковые и окисные включения в теле сварного шва образуются при заниженной силе тока, загрязненности кромок соединяемых элементов, недостаточной защите жидкого металла (например, при длинной дуге), плохой очистке предыдущего слоя шва от шлака.

Незаваренные кратеры появляются в результате быстрого обрыва дуги.

Поры и раковины в сварном шве образуются при использовании увлажненных сварочных материалов, из-за загрязненности кромок соединяемых элементов, нарушении газовой защиты дуги, низкого качества сварочных материалов.

Трещины – причины появления: неправильная технология сварки металлов, склонных к образованию трещин (например, с повышенным содержанием серы или углерода), большие сварочные напряжения, возникающие при несвободных кромках соединяемых элементов, а также при неправильной последовательности выполнения сварных швов.

Несплавление образуется в результате неполного расплавления кромок соединяемых элементов или предыдущих слоев шва.

Отклонение формы сварного шва: чрезмерная выпуклость или вогнутость, неравномерная ширина сварного шва по его длине, вогнутость корня сварного шва наплывы (рис. 6.1д) и подтеки, грубая чешуйчатость.

Дефекты сварки вызывают концентрацию напряжений в конструкциях, уменьшают пластические свойства металла, резко снижают прочность сварных соединений при динамических нагрузках и при отрицательных температурах.

Внутренние дефекты электродуговой сварки и трещины устраняются вырубкой дефектного участка шва термическим или механическим способом до основного металла и повторной наплавкой сварного шва. Поверхностные дефекты устраняются либо их зачисткой (чрезмерная выпуклость, наплывы), либо наплавкой дополнительных слоев (подрезы, прожоги, чрезмерная вогнутость, подтеки).

Дефекты стыковой сварки

Наиболее распространенными дефектами стыковой сварки являются:

смещение осей соединяемых элементов и непровар. Причиной первого дефекта является неправильная установка стержней в зажимах сварочной машины. Причиной второго дефекта являются окисление из-за отклонения в токовом режиме, малый припуск на оплавление, недостаточная продолжительность осадки под током и малая скорость осадки. Узлы с дефектами стыковой сварки бракуются.

Дефекты точечной сварки

Непровар (малый диаметр сварной точки) появляется из-за чрезмерного диаметра электрода при недостаточном токе и времени сварки, а также из-за шунтирования тока.

Наружный выплеск металла в сварной точке происходит при большой силе тока, а также при перекосе деталей относительно торцов электродов.

Чрезмерные вмятины (уменьшение толщины в местах образования сварных точек) могут быть вследствие чрезмерной силы тока, времени сварки, увеличенного усилия сжатия в период проковки, а также из-за малого диаметра электродов.

Прожог может быть следствием включения тока до обжатия деталей или наличия больших зазоров между соединяемыми деталями.

Вырыв появляется при преждевременном снятии давления (при недостаточной продолжительности проковки).

Такие дефекты точечной сварки как непровар, чрезмерные вмятины, прожог и вырыв устраняются наплавкой дополнительной точки. Наружный выплеск металла сварной точки устраняется механической зачисткой лишнего металла.

Во всех случаях обнаружения дефектов место вырубается, заваривается и подвергается повторному контролю.

Дефекты сварных швов и причины их образования.

Рисунок 15 – Неравномерное перемещение электрода

Рисунок 16 – Задержка дуги на одном месте

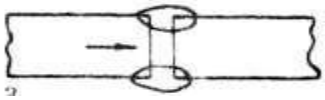


Рисунок 17 – Непровар – малая величина тока

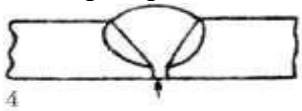


Рисунок 18 – Малый зазор, большая кромка притупления

Рисунок 19– Невыдержанные размеры шва по ширине и высоте – несоблюдение технологии сварки

Рисунок 20 – Наплывы и натеки – малый ток, задержка дуги на одном месте, неправильный наклон электрода

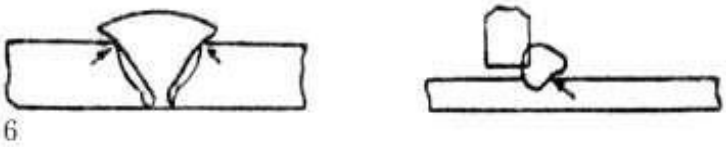


Рисунок 21 – Прожоги – большой ток, большой зазор, отсутствие кромки притупления

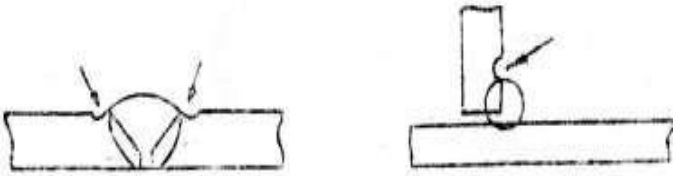


Рисунок 22 – Подрезы – большой ток, неправильный наклон электрода

Рисунок 23 – Шлаковые включения наружные и внутренние, неправильное перемешивание сварочной ванны, недостаточная зачистка промежуточных швов

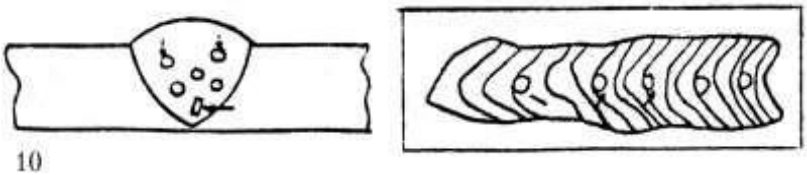


Рисунок 24 – Поры внутренние и выходящие на поверхность – сырые электроды, недостаточная зачистка места сварки

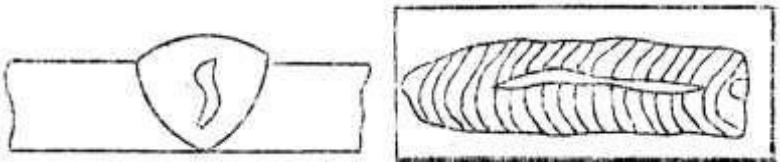


Рисунок 25 – Трещины внутренние и поверхностные – несоблюдение технологии сварки

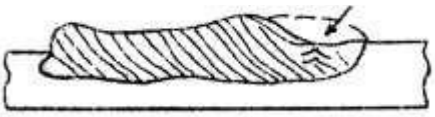


Рисунок 26 – Незаварные кратеры – неправильный обрыв дуги

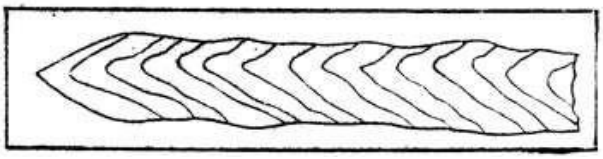


Рисунок 27 – Крупночешуйчатость – большой ток

Методы контроля качества сварных соединений

Для обнаружения поверхностных и крупных дефектов в сварных соединениях (подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, поверхностные поры и трещины, отклонения в форме сварного шва) используется визуальный контроль (внешний осмотр).

Прочностные характеристики сварных соединений (разрывное усилие, ударная вязкость, загиб в холодном состоянии и др.) контролируются частичным или полным разрушением образца на испытательных машинах.

Непроницаемость сварных соединений проверяется с помощью керосина, вакуума, пневматического или гидравлического давления. Первый способ основан на способности керосина проникать через имеющиеся неплотности и окрашивать мел, которым предварительно покрывается противоположная сторона сварного шва. Остальные способы основаны на уменьшении вакуума или давления через трещины и поры в сварном шве.

Мелкие поверхностные дефекты могут быть обнаружены с помощью цветной дефектоскопии, сущность которой состоит в следующем. На очищенную поверхность шва наносится слой индикаторной жидкости, которая после выдержки в 5–7 минут смывается, а поверхность протирается. Затем тонким слоем наносится проявитель, например, коалин. Проявитель окрашивается в яркий цвет оставшейся в дефектах индикаторной жидкостью, тем самым обнаруживая поверхностные дефекты сварного шва. Цветной метод позволяет обнаружить дефекты с минимальной глубиной 0,02 мм и минимальной шириной 0,002 мм. Метод обладает высокой мобильностью и производительностью, особенно при использовании материалов в аэрозольной упаковке. Работа с аэрозолями должна производиться в спецодежде (халат, фартук, перчатки) и на расстоянии не менее 20 м от места сварки, открытые участки тела следует оберегать от попадания аэрозольной струи, а помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. К недостаткам метода следует отнести: трудность контроля сварных швов с грубой чешуйчатостью; огнеопасность и токсичность применяемых материалов.

Для обнаружения внутренних, а также мелких поверхностных дефектов используются физические методы контроля: просвечивание рентгеновскими и гамма-лучами, ультразвуковой и магнитографический. Первый метод осно-

ван на способности электромагнитных волн с частотой 5· 1010 – 6 ·1019 Гц проникать сквозь металлы и воздействовать на фотопленку. Кассета с фотопленкой располагается под сварным швом, а с противоположной стороны источник излучения – рентгеновская трубка или радиоактивный изотоп (тулий-170, иридий-192, цезий-137, кобальт-60). Дефект сварного шва поглощает лучи в меньшей степени, чем окружающий его металл, поэтому эмульсия под дефектом облучается более интенсивно и при обработке в проявителе чернеет. По этим участкам и определяется расположение, форма и размеры дефектов рис.28.

Преимуществами этого метода является возможность определения характера дефекта и его размеров, , наличие документа (фотопленки), характеризующего качество сварного шва. К недостаткам метода относятся: вредность рентгеновских и гамма-лучей для человеческого организма, высокая стоимость и трудоемкость, связанная с последующей обработкой фотопленок, малая эффективность при обнаружении трещин, необходимость двустороннего доступа к сварному шву. При радиационных методах контроля для измерения индивидуальных доз облучения каждый работающий должен иметь дозиметр.

Ультразвуковой метод основан на способности ультразвуковых колебаний прямолинейно распространяться в металле и отражаться от границы раздела сред.

Для получения ультразвуковых колебаний используется пьезоэлектрический эффект, который заключается в преобразовании электрических колебаний высокой частоты в механические колебанияс помощью искусственных пьезокристаллов, например, титаната бария BaTiO3 .

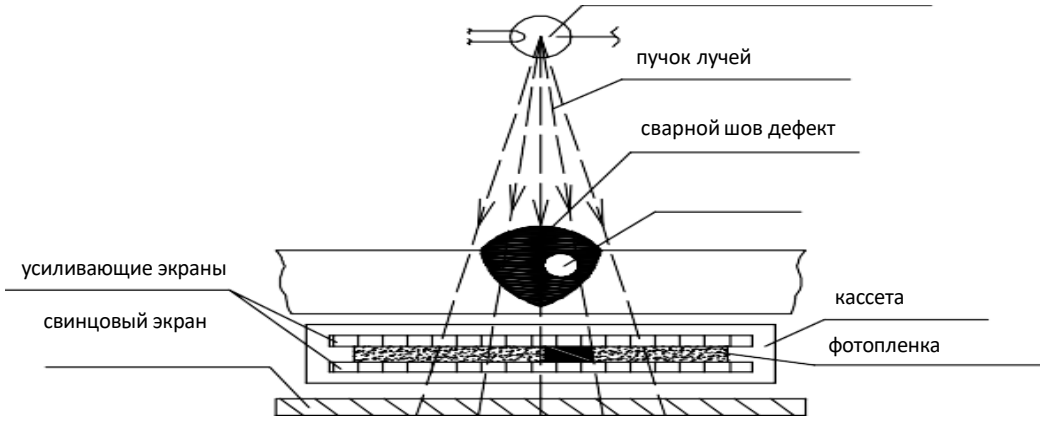


Рисунок 28 – Схема просвечивания металла

Ультразвуковой импульс подается в металл с помощью призматического щупа. При достижении поверхности раздела сред с различными акустическими свойствами, т.е. дефекта, ультразвуковая волна частично отражается и воспринимается тем же щупом, что фиксируется световой или звуковой сигнализацией. Ультразвуковой метод применяется при толщинах 1,5…200 мм. Ультразвуковой метод обнаружения дефектов свободен от недостатков про-

свечивания рентгеновскими и гамма-лучами, но не позволяет определять характер дефектов. Например, при этом методе трудно отличить трещину от непровара, поры от шлаковых включений; неэффективен при контроле качества сталей с крупнозернистой структурой; не позволяет иметь документ качества сварного соединения; достоверность обнаружения дефектов зависит от квалификации оператора.

Магнитографический метод основан на фиксации магнитных полей рассеяния на магнитной ленте, которая прижимается к сварному шву при его намагничивании. В однородном металле магнитный поток распределяется равномерно без искажений, а при наличии дефектов магнитный поток искажается, что проявляется на поверхности металла в виде полей рассеяния. Намагничивание исследуемого участка сварного шва производят электромагнитами или соленоидами. После записи магнитного рельефа сварного шва лента пропускается через воспроизводящее устройство, где на одном из экранов его двухлучевой трубки возникают видимые изображения магнитных лучей, а на другом – импульсы, характеризующие наличие дефектов.

Контрастность изображения характеризует глубину их залегания, а форма магнитных полей примерно соответствует очертаниям дефектов, например, газовые поры и шлаковые включения появляются на экране в виде темных пятен, непровар – в виде линий, трещины – в виде зигзагообразных линий с неровными краями.

Магнитографический метод обладает высокой производительностью, низкой стоимостью и хорошей чувствительностью. К недостаткам метода относятся: малый диапазон контролируемых толщин (до 25 мм), зависимость обнаружения дефектов от глубины их залегания, трудность выявления дефектов при грубочешуйчатых швах.

Во всех случаях обнаружения дефектов место вырубается, заваривается и подвергается повторному контролю.

Содержание отчета

В отчете следует привести виды дефектов сварных соединений и указать основные причины их появления, а также отрицательные последствия дефектов. Перечислить методы контроля качества сварных соединений, объяснить сущность каждого метода, указать преимущества и недостатки.

Лабораторная работа №5

Тема: «Определение конструктивных элементов днищевой секции на макете»

Цель работы: изучить основные виды секций корпуса судна, конструктивные элементы днищевой секции на макете.

Задание

1.Изучить конструктивные элементы днищевой секции.

2.На макете уметь показать конструктивные элементы.

2.В тетради письменно ответить на контрольные вопросы

Общие методические указания

Металлический корпус современного судна формируется на построечном месте из крупных частей, называемых секциями или блоками секций, которые предварительно изготовляются в специальных сборочно-сварочных цехах.

Применение крупных сборочных элементов позволяет резко сократить стапельный период постройки судна за счет переноса значительного объема работ со стапелей в другие цехи.

В настоящее время принято подразделять корпус судна на следующие части (сборочные элементы): деталь — неделимая часть корпусной конструкции, получаемая в результате обработки листового или профильного проката; узел - технологически законченная часть корпусной конструкции, состоящая из двух или более деталей; секция --технологически законченная часть корпуса судна или одной из его основных конструкций (днища, борта, палубы и т. п.), собираемая из ряда узлов и отдельных деталей; блок секций — значительная часть корпуса судна, отсеченная одной или двумя плоскостями, параллельными плоскости мидель-шпангоута, а у крупных судов часто и плоскостями, параллельными диаметральной плоскости или основной плоскости. Собираются из нескольких секций, отдельных узлов и деталей.

Большое разнообразие предварительно изготовляемых узлов корпусных конструкций принято объединять по конструктивно-технологическим признакам в основные группы.

I-тавровые и Г-образные балки длиной более 2,5 м. Эти узлы широко применяются в составе корпусных конструкций и, в свою очередь, могут быть разделены на две подгруппы (рис. 29, а): прямолинейные и криволинейные.

II короткие тавры, бракеты и кницы с поясками. Узлы этой группы, особенно на судах некоторых проектов, встречаются в большом количестве и весьма разнообразны по размерам и форме.

III. Широкие полосы с продольными (поперечными) ребрами жесткости или поясками. К этой группе относятся узлы днищевого набора — стрингеры (рис. 29,6), вертикальный киль, флоры (рис. 29 в), а также рамного набора. Могут быть как прямолинейными, так и криволинейными.

IV. Полотнища. Весьма распространенный тип узлов. Могут быть разделены на две подгруппы: плоские и гофрированные.

V. Объемные узлы небольшой протяженности. К ним относятся фундаменты, патрубки, коробки и пр. Узлы этой группы широко представлены на судах разных проектов и отличаются большим разнообразием в размерах и конструкции.

VI. Прочие узлы. К ним могут быть отнесены сравнительно редко встречающиеся или немногочисленные узлы корпусных конструкций, например пиллерсы с кницами, рамки из полос и профилей, кронштейны различного вида, сварные изделия судовых устройств, узлы мачт и других устройств.

Секции корпуса различают двух видов: плоскостные — это части днища, борта, палубы, переборки й т. п., состоящие из плоского (или с небольшой кривизной) полотнища и набора (рис. 30); *объемные* — это части корпусаили отдельных конструкций преимущественно криволинейных обводов, образующие замкнутые (полностью или частично) отсеки. К ним относятся днищевые секции со вторым дном или платформой; секции борта, включающие бортовые отсеки; секции оконечностей, секции ярусов надстроек и т. п. (рис. 31).

Контрольные вопросы:

1. Стыки и пазы листов, изображаемых в профиль?
2. Какой линией обозначается основной набор (ребра жесткости, не рамные шпангоуты и т.п.)?
3. Линии обозначения рамного набора?
4. Возможные профили тавровых и Г-образных балок?
5. Какие еще виды узлов вы знаете?
6. Основные два вида секций корпуса?
7. Приведите пример каждого из двух типов секций.

4. ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Классификация сварных соединений.
2. Отличие ручного и автоматического сварочного оборудования.
3. Виды сварных швов и их обозначения на чертежах.
4. Характеристика сварочных материалов (электроды, флюс, защитные газы).
5. Принципы выбора электродов для сварки сталей различной структуры.
6. Основные виды сварочных аппаратов и их применение.
7. Процесс и стадии сварки плавлением.
8. Преимущества и недостатки различных методов сварки (ручная, полуавтоматическая, автоматическая).
9. Причины возникновения дефектов сварных швов.
10. Методы контроля качества сварных соединений.
11. Современные тенденции в развитии сварочного производства.
12. Безопасность труда при сварочных работах.
13. Факторы, влияющие на свариваемость металлов.
14. Свойства и классификация сварных материалов.
15. Методы предотвращения и уменьшения деформаций при сварке.
16. Особенности сварки нержавеющих сталей.
17. Порядок подготовки металла к сварке.
18. Требования к качеству сварных швов.
19. Влияние различных примесей на свариваемость сталей.

20. Основные методы очистки и подготовки свариваемых поверхностей.

21. Автоматизация сварочного производства и ее перспективы.

22. Экономические аспекты выбора сварочного оборудования.

23. Методы и технологии сварки под водой.

24. Особенности сварки алюминия и его сплавов.

25. Виды термической обработки сварных конструкций.

26. Проблемы экологии и энергосбережения в сварочном производстве.

27. Роль сварщика в обеспечении качества и сроков строительства судов.

28. Нормы расхода сварочных материалов.

29. Современные технологии сварки тонких стенок и малогабаритных конструкций.

30. Особенности сборки и сварки крупных судовых конструкций.

31. Управление качеством сварочных работ.

32. Методы борьбы с трещинообразованием в сварных соединениях.

33. Диагностика и профилактика дефектов сварных швов.

34. Причины порообразования в сварных швах.

35. Роль автоматизации и цифровизации в повышении производительности сварочного производства.

36. Полезные эффекты применения защитной газовой среды при сварке.

37. Преимущества использования порошковой проволоки при сварке.

38. Параметры, влияющие на стабильность сварочной дуги.

39. Современное состояние и перспективы развития плазменной сварки.

40. Пути снижения себестоимости сварочных работ.

41. Влияние температуры окружающей среды на качество сварных соединений.

42. Особенности сварки оцинкованных и лакированных материалов.

43. Методики расчета тепловложения при сварке.

44. Система управления качеством сварочных работ.

45. Ключевые аспекты повышения ресурсоэффективности сварочного производства.

46. Физические и химические процессы, происходящие при сварке.

47. Совершенствование организационно-технических методов сварочного производства.

48. Регламентация и документация, регламентирующие сварочные работы.

49. Тенденции развития сварочного производства в судостроении.

50. Комплексный подход к обеспечению безопасности сварочных работ.

5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Основная литература:

1. Козловский, С. Н. Сварочные технологии : учебное пособие / С. Н. Козловский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022.

2. Овчинников В.В. Технология изготовления сварных конструкций: учебник для СПО М., Москва:Форум 2023г.

3. Овчинников В.В. Производство сварных конструкций: учебник. М., Москва:Форум, 2023 г

4. Черепахин А.А., Андреева Л.П., Латыпова Г.Р., Латыпов Р.А. Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки, резки) покрытыми электродами : учебник / Черепахин А.А., Андреева Л.П., Латыпова Г.Р., Латыпов Р.А.; под редакцией Латыпова Р.А. – Москва : КНОРУС, 2023.

5. Черепахин А.А., Виноградов В.М., Шпунькин Н.Ф. Технология сварочных работ : учебник для СПО / Черепахин А.А., Виноградов В.М., Шпунькин Н.Ф. - Москва : Издательство Юрайт, 2022

Дополнительные источники:

6. Бурмистров, Е. Г. Основы сварки и газотермических процессов в судостроении и судоремонте: учебное пособие для спо / Е. Г. Бурмистров. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 552 с. — ISBN 978-5-8114-6479-1.

7. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. - Электрон. текстовые данные. - М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. - 85 c. - 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46303.html

8. Дальский, А.М. Технология конструкционных материалов / А.М. Дальский. – М. : Машиностроение, 1977. – 370 с.

9. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: учебное пособие для спо / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 164 с. — ISBN 978-5-8114-6702-0.

10. Сильман Г.И. ,Черепахин А.А Материаловедение и технология конструкционных материалов . – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 335 с.

11. Степанова В.В. С правочник сварщика. – М. : Машиностроение, 1982. – 278 с.

12. Федин, А.П. Сварка, наплавка и резка материалов / А.П. Федин. – Мн. : Высш. школа, 1972. – 244 с.

13. Хренов, К.К. Сварка, резка и напайка металлов / К.К. Хренов. – М. : Машиностроение, 1973. – 81 с.

14. Хромченко Ф.А. Сварочные технологии при ремонтных работах. – Ростов –на-Дону.: Феникс , 2010. – 397 с.

15. Хромченко Ф.А. Справочное пособие электросварщика. – Ростов – на-Дону.: Феникс , 2011. – 332 с.

Нормативно-правовая база

16. ГОСТ 5264-80 "Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"

17. ГОСТ 14771-76 "Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 009B2066B13EC6BD3AC9D4657D6DE2BAFF
Владелец Левков Сергей Андреевич
Действителен с 21.02.2025 по 17.05.2026