

**Приложение 4. Методические указания
по выполнению курсового проекта
к ОП по специальности
22.02.06 Сварочное производство**

Методические указания

по выполнению

КУРСОВОГО ПРОЕКТА

для студентов специальности

22.02.06 Сварочное производство

1 Задачи, содержание курсового проекта и исходные данные для его выполнения

Результатом выполнения курсовой работы профессионального модуля является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности: подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций.

ПК 1.1	Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами
ПК 1.2	Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.
ПК 1.3	Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.
ПК 1.4	Хранить и использовать сварочную аппаратуру и инструменты в ходе производственного процесса.

1.1 Задачи курсового проектирования

Курсовой проект выполняется по окончании теоретической дисциплины в 7-ом семестре. Цель данной работы – закрепление и углубление знаний по дисциплине *Производство сварных конструкций*

Основными задачами курсового проектирования являются:

1. приобрести опыт использования нормативно-справочной информации и специальной литературы;
2. освоить методики расчётов параметров режимов сварки и количества сварочных материалов;
3. научиться выбирать сварочные материалы, способы заготовки, сборки и сварки, заготовительное и сборочно-сварочное оборудование;
4. научиться писать технологические карты

Темой курсового проекта является разработка технологического процесса заготовки, сборки и сварки конструкции

1.2 Состав и содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна содержать основные расчёты и пояснения к ним, а также описание технологического процесса заготовки, сборки и сварки конструкции. Объём пояснительной записки не должен превышать 20-25 страниц машинописного текста. В пояснительной записке указывается литература, используемая при выполнении курсового проекта.

Графическая часть состоит из чертежей и схем. Чертежи должны быть выполнены по правилам, установленным стандартами ЕСКД и СПДС.

1.3 Общие требования по выполнению пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовому проекту должна быть оформлена в соответствии с правилами и требованиями ГОСТ-2.105. – 95.

Пояснительная записка должна состоять из разделов, подразделов и пунктов.

Построение пояснительной записки выполняется в следующей последовательности:

1. Титульный лист курсового проекта;
2. Задание на проектирование;
3. Титульный лист расчётно-пояснительной записки;
4. Содержание записки;
5. Разделы, включающие в себя необходимые расчёты и описательную часть;
6. Список используемой литературы.

Титульные листы и задание не нумеруются. Первым листом записки является содержание, включающее в себя номера и наименования разделов и подразделов пояснительной записки с указанием порядковых номеров листов.

1.4 Оформление текстового материала пояснительной записки

Введение должно быть первым разделом пояснительной записки и соответственно нумероваться номером 1. Каждый последующий раздел должен начинаться с нового листа. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами. Наименование разделов записывается в виде заголовков симметрично тексту. Переносы слов в заголовках разделов не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят.

1.5 Оформление иллюстраций

К иллюстрациям относятся схемы, графики, диаграммы и др. Все иллюстрации, если их в пояснительной записке больше одной, нумеруются в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами. Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и поясняющие данные (подрисуночный текст). Номер иллюстрации помещают ниже поясняющих данных – рисунок 1. Ссылки на иллюстрации производятся следующим образом – (рисунок 1). Ссылки на листы чертежей даются в виде: лист 1, лист 2.

1.6 Построение таблиц и оформление формул

Заголовок таблицы следует помещать посередине таблицы. Он должен быть кратким и полностью отражать содержание таблицы. Таблицы нумеруются в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами. Если цифровые данные в графах таблицы выражены в различных единицах физических величин, то их указывают в заголовке каждой графы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими ГОСТами. Значение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа даётся с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. Все формулы, если их в пояснительной записке больше одной, нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы

состоит из номера раздела и порядкового номера формул, разделённых точкой. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (3.1). Ссылки в тексте на номер формулы даются также.

1.7 Список литературы

Пояснительная записка должна заканчиваться списком научно-технической литературы, используемой студентами при выполнении курсового проекта. Список литературы должен быть оформлен согласно ГОСТу 7.1 – 84, например: Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением – Л: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1987

1.8 Оформление графической части

Графическая часть курсового проекта может состоять из чертежей, графиков, схем и эскизов, предусмотренных заданием. Чертежи могут выполняться на форматах А1, А2, А3. На всех чертежах и схемах курсового проекта в правом нижнем углу помещают основную надпись согласно ГОСТу 2.104 – 68.

1.9 Исходные данные для курсового проекта

1. Чертёж сварной конструкции
2. Марка стали, из которой предполагается её изготовление

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Графическая часть содержит чертёж конструкции и чертёж приспособления. Пояснительная записка состоит из следующих разделов и подразделов:

1. Введение
2. Описание конструкции с анализом её технологичности
3. Характеристика свариваемого материала
4. Определение свариваемости материала конструкции
5. Разработка технологического процесса изготовления сварной конструкции
 - 5.1. способ изготовления заготовки и подготовка кромок
 - 5.2. выбор сварочных материалов
 - 5.3. выбор способов сборки и сварки
 - 5.4. выбор сборочно-сварочного оборудования
 - 5.5. расчёт режимов сварки
 - 5.6. расчёт расхода сварочных материалов
 - 5.7. меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями
 - 5.8. контроль качества сварных соединений
6. Техника безопасности при выполнении сборочно-сварочных работ
7. Список литературы

2.1 ВВЕДЕНИЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Во введении следует кратко изложить следующее:

1. Цель работы и задачи разработки технологического процесса сварки конструкции.
2. Краткую историческую справку о развитии сварки в мире и в России в частности.
3. Данные о применении сварки в той отрасли промышленности, к которой относится проектируемое изделие. (машиностроение например)
4. Перспективы развития данной отрасли промышленности.
5. Преимущества сварки перед другими способами изготовления изделий

Цель работы: описание разработки технологического процесса сварки конструкции.

Задачи:

- изучить литературу, необходимую для выполнения данной работы;
- дать оценку современного состояния решаемой проблемы, основные и исходные данные для разработки письменной экзаменационной работы;
- представить анализ сварной конструкции, подлежащей к изготовлению;
- разработать требования, предъявляемые к сварной конструкции: материал, его обработка, виды сварочных материалов, способы контроля изделия, его сварных швов и испытание конструкции;
- разработать технологический процесс с расчетами режимов для конкретного вида сварки;
- представить расчет расхода материалов и расчета норм времени на сварочные работы;
- разработать мероприятия по технике безопасности при изготовлении сварной конструкции при соблюдении правил электробезопасности и пожарной безопасности.

Сварка является одним из ведущих технологических процессов обработки металлов. Большие преимущества сварки обеспечили её широкое применение в народном хозяйстве. Сварное соединение характеризуется непрерывностью структур. Наибольшее распространение получили различные способы электрической сварки плавлением, а ведущее место занимает дуговая сварка, источником теплоты при которой служит электрическая дуга.

С развитием таких отраслей как автомобилестроение, большое развитие получили способы электрической контактной сварки. Шовная, точечная и рельефная сварка могут применяться в поточных механизированных и автоматизированных линиях, что повышает производительность труда и качество в сварочном производстве.

В настоящее время широко применяются такие виды сварки как электронно-лучевая, лазерная и электрошлаковая. Эти виды сварки позволяют существенно расширить возможности применения сварочных технологий при производстве сварных конструкций.

Благодаря применению сварки стало возможным изготовление экономичных шаровых емкостей для химической промышленности, сварных узлов для атомного энергетического машиностроения, конструкций и узлов сложной формы, двухслойных металлов и т.д.

Большой вклад в развитие сварочных технологий сделали учёные и инженеры России и бывшего Советского Союза. Так русский учёный В.В. Петров открыл электрический дуговой разряд, Н.Н. Бенардос и Н.Г. Славянов предложили способы электродуговой сварки. Институт электросварки им Е.О. Патона разработали целый ряд автоматизированных способов сварки. Большую научную работу в области сварки проводили и поводят Политехнический университет в Санкт-Петербурге и Московское высшее техническое училище.

2.2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ С АНАЛИЗОМ ЕЁ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Описание конструкции должно освещать следующие вопросы:

1. Область применения и назначение заданной сварной конструкции, краткое описание её работы
2. Требования, предъявляемые к конструкции и сварным швам
3. Основные размеры и условия работы
4. Технологичность конструкции, т.е. возможность расчленения её на отдельные узлы, отсутствие трудно доступных мест, возможность применения высокопроизводительного сборочно-сварочного оборудования.
5. Анализ технологичности конструкции, т.е. вывод о возможности применения к конструкции выше перечисленных требований.

В разделе необходимо подробно описать условия работы конструкции и вытекающие из этого требования к сварным швам. При анализе технологичности необходимо учитывать все выше перечисленные требования к сварным конструкциям. Если конструкция не технологична, то необходимо разработать мероприятия по улучшению её технологичности.

2.3. ХАРАКТЕРИСТИКА СВАРИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Основной материал, применяемый для изготовления сварных конструкций, подбирается в соответствии с требованиями чертежа, ГОСТов и ТУ.

В разделе необходимо указать марку стали, указать её место в классификации по назначению и степени легирования. Необходимо обосновать целесообразность применения именно этой марки стали для изготовления заданной сварной конструкции.

В виде таблиц нужно привести химический состав стали и её механические свойства. Ниже приведены таблицы применительно к стали марки 20ХМА

Таблица 1. Химический состав стали

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,40- 0,60	< 0,030	< 0,035	0,8-1,0	< 0,40	0,15- 0,25

Таблица 2. Механические свойства стали

σ_T кгс/мм ²	σ_B кгс/мм ²	δ	α_H кгс·м/см ²
40	55	12	6,0

Качество и характеристики основного материала должны подтверждаться сертификатами.

2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА КОНСТРУКЦИИ

Под свариваемостью понимается способность стали при сварке образовывать высококачественное сварное соединение без трещин, пор и других дефектов. На свариваемость стали существенно влияет содержание углерода и легирующих элементов. Чем больше склонность стали к полной закалке и чем менее пластичной получается структура металла, тем вероятнее образование трещин в околошовной зоне и тем выше должна быть температура предварительного подогрева перед сваркой.

Основным элементом, увеличивающим закаливаемость и прокаливаемость сталей, является углерод. Влияние других легирующих элементов может быть оценено пересчётом их содержания в стали в эквивалентно действующее содержание углерода. Для пересчёта каждого элемента в эквивалентное содержание углерода подбираются соответствующие коэффициенты, приведённые в следующей формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7 \times Mo}{90}$$

где содержание элементов дано в процентах.

Если $C_{\text{экв}} \leq 0,38\%$, то сталь сваривается хорошо для углеродистых

Если $C_{\text{экв}} = 0,39 \dots 0,45\%$, то сталь сваривается удовлетворительно сталей

Если $C_{\text{экв}} = 0,46 \dots 0,59\%$, то сталь хорошо сваривается для низколегированных

Если $C_{\text{экв}} \geq 0,6\%$, то сталь плохо сваривается сталей

Если сталь сваривается плохо, то необходим предварительный подогрев, он будет тем выше, чем выше эквивалент углерода.

Оценка закаливаемости сталей в условиях сварки является весьма приближённой, так как не учитываются многие факторы, в том числе способ сварки, толщина металла и другие.

Свариваемость сталей для конкретных условий зависит не только от её химического состава, но и от толщины металла. Влияние толщины металла учитывается поправкой к эквиваленту углерода $C_{\text{экв}}$ по формуле:

$$N = 0,005sC_{\text{экв}}$$

где s – толщина металла в мм

0,005 – коэффициент толщины, определяемый опытным путём

Следовательно, полный эквивалент углерода определяется по формуле:

$$C'_{\text{экв}} = C_{\text{экв}}(1 + 0,005s)$$

В этом случае температура предварительного подогрева $T_{\text{под}}$ свариваемых деталей определяется по формуле:

$$T_{\text{под}} = 350 \sqrt{C'_{\text{экв}} - 0,25}$$

В ряде случаев, чтобы избежать предварительного подогрева при сварке низколегированных сталей повышенной прочности с большим эквивалентом углерода, сварку производят низководородистыми электродами по специальной технологии.

2.5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ

2.5.1. Способ изготовления заготовки

Процесс заготовки деталей металлоконструкций обычно состоит из следующих операций:

1. Составления схем раскроя
2. Предварительной правки и чистки
3. Разметки
4. Наметки
5. Маркировки
6. Резки
7. Окончательной правки
8. Обработки кромок
9. Образования отверстий
10. Гибки и штамповки

Предварительная разработка схемы раскроя металла должна производиться с учётом получения минимального количества отходов.

Правка листовой и полосовой стали производится механическим путём на листопрямительных вальцах. Наибольшее применение имеет правка в холодном состоянии. Разметка и наметка производится на разметочной или наметочной плитах. При этой операции необходимо, чтобы отклонения от размеров чертежа не превышало допуск для данного класса точности. Маркировка деталей – важный элемент операции наметки.

Механическая резка в основном производится на пресс-ножницах и гильотинных ножницах. При этом важна точность реза и изменение физико-механических свойств зоны реза. Отклонение от намеченной риски должно быть не более ± 1 мм.

Газовая резка может быть ручной и машинной. Резка бывает чистовая и заготовительная, т.е. с последующей обработкой.

Гибка листового и полосового металла производится на трёх- и четырёхвалковых вальцах и прессах. На холодную гибку листы должны поступать с подготовленными кромками. Гибка профильного металла производится на профильно-гибочных станах и прессах.

При назначении форм подготовки кромок учитывают прежде всего глубину провара, технологические и экономические условия процесса. Так например, стыковые соединения с V-образной подготовкой кромок рекомендуется применять для металла толщиной 3-26 мм. При возможности кантовки стыкового соединения при доступе с двух сторон для металла толщиной 12-40 мм выполняется K-образная подготовка кромок, при толщине до 60мм X-образная разделка. При сварке металла толщиной 30-60 мм рекомендуется X-образная подготовка с криволинейными скосами двух кромок.

Выбор заготовительного оборудования производится с учётом типа производства, марки и толщины материала, конфигурации, технологии изготовления и назначения заготовок. Заготовительное оборудование должно обеспечивать высокую производительность и по возможности иметь небольшие габариты и стоимость.

2.5.2. Выбор сварочных материалов

Выбор сварочных материалов осуществляется с учётом химических и механических свойств свариваемого металла. Кроме того нужно учитывать технологические особенности свариваемой конструкции и способ сварки.

В зависимости от способов сварки выбираются следующие сварочные материалы:

- Электроды
- Сварочная проволока
- Флюсы
- Защитные газы

Все электроды, применяемые для ручной сварки, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Обеспечивать получение наплавленного металла требуемого химического состава и механических свойств
2. Обеспечивать получение швов, стойких против горячих трещин, не склонных к холодным трещинам и без пор.
3. Обеспечивать хорошие технологические свойства сварного узла
4. Обеспечивать высокую производительность сварки
5. Удовлетворять требованиям охраны труда
6. Сварка с их применением должна быть экономически выгодной

Электроды следует выбирать с указанием ГОСТов, типа и марки, а также состав основных материалов шихты электродных покрытий.

Электродная проволока при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом и в среде защитных газов является одним из основных элементов, определяющих качество сварного соединения. Её выбирают в соответствии с химическим составом свариваемого материала, флюса и видом защитного газа. Механические свойства наплавленного металла должны быть не менее нижнего предела механических свойств свариваемого металла. Поэтому сварочная проволока должна содержать минимальное количество серы и углерода, а для обеспечения требуемых механических свойств проволока может иметь дополнительные легирующие элементы. Также следует учитывать марку применяемого флюса.

Стальная сварочная проволока классифицируется по группам и маркам стали. ГОСТ предусматривает три группы проволок: низкоуглеродистую – 6 марок, легированную – 30 марок и высоколегированную – 39 марок.

Флюс является одним из важнейших элементов для успешного проведения сварки, он во многом определяет качество металла шва. Основные требования, предъявляемые к флюсам:

1. Обеспечение устойчивости процесса сварки
2. Обеспечение отсутствия трещин и пор в металле шва
3. Обеспечение требуемых механических свойств металла шва
4. Обеспечение хорошего формирования шва и лёгкой отделяемости шлака
5. Минимальное выделение вредных газов при сварке
6. Сварка с их применением должна быть экономически выгодной

Выбранный флюс должен соответствовать требованиям ГОСТа и ТУ на данную марку. Должен быть указан состав флюса.

Флюсы классифицируют по назначению, химическому составу, химическим свойствам, степени легирования металла шва, способу изготовления строения частиц, зависимости вязкости шлака от температуры.

Сварка в среде защитных газов имеет ряд преимуществ перед другими видами сварки:

1. Отсутствие флюсов и покрытий, а следовательно, последующей необходимости очистки от шлаков
2. Высокая производительность процесса
3. Экономичность процесса при использовании углекислого газа
4. Возможность сварки разнообразных металлов и сплавов разной толщины
5. Возможность наблюдения за открытой дугой, что облегчает управление процессом сварки
6. Возможность механизации и автоматизации процесса

Применяемый газ для сварки изделия должен соответствовать ГОСТу или ТУ. Следует описать физические и химические свойства газа.

Для сварки в качестве защиты применяются инертные газы, углекислый газ, азот и другие. Выбор газов осуществляется с учётом свойств свариваемого материала и требований к сварным конструкциям.

Электроды, флюсы, сварочная проволока должны храниться в специальных сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже 18°C и относительной влажности не более 50%.

Сварочные электроды и флюсы перед их выдачей в производство со склада должны подвергаться прокатке по режимам, приведённым в паспортах или ТУ.

Сварочная проволока должна храниться в условиях, исключающих её загрязнение и окисление. Защитные газы хранятся и транспортируются преимущественно в баллонах ёмкостью 40 – 50 литров при давлении 15 МПа, жидкая углекислота под давлением 6МПа.

2.5.3. Выбор способов сборки и сварки

Для изготовления сварных конструкций высокого качества требуется правильная сборка деталей свариваемого изделия, т.е. их правильная взаимная установка и закрепление.

Процесс сборки свариваемого изделия состоит из ряда последовательных операций. Сначала детали подаются на рабочее место, затем собирается изделие или сварной узел. Для этого необходимо установить детали в сборочном устройстве в определённом положении. В этом положении детали должны быть закреплены, после чего их сваривают. Подача деталей к месту сборки и установка их в требуемом положении осуществляется универсальным или специальным подъёмно-транспортным оборудованием. Положение деталей во время сборки определяется установочными элементами приспособления или другими смежными деталями.

Таким образом, основным назначением сборочного оборудования в сварочном производстве является фиксация и закрепление свариваемых деталей. Сборочное оборудование делится на сборочное и сборочно-сварочное.

На сборочном оборудовании сборка заканчивается прихваткой. На сборочно-сварочном оборудовании, кроме сборки, производится полная или частичная сварка изделия, а иногда и выдержка после сварки с целью уменьшения сварочных деформаций. При этом сваривать можно как после предварительной прихватки, так и без неё.

Назначение и конструкция оборудования определяется технологическим процессом, зависящим прежде всего от изделия – его формы, размеров, требуемой точности, типа производства, его программы, наличия производственных площадей, загрузки рабочих мест, вида сварки и других факторов.

Сборочно-сварочное оборудование применяется тогда, когда нецелесообразно вести сборку и сварку на разных местах. При этом качество изделия выше, если сварка следует непосредственно после сборки и изделие не подвергается перестановке и промежуточной транспортировке. Некоторые изделия не допускают прихваток. Во многих случаях перестановка со сборочного на сварочное приспособление удлиняет цикл изготовления изделия и увеличивает трудоёмкость. Поэтому в каждом отдельном случае требуется тщательный анализ всех технологических и технико-экономических факторов, определяющих выбор способа сборки конструкции.

При выборе способов сварки следует учитывать что, механизация и автоматизация сварочных работ является важнейшим фактором повышения производительности труда, качества сварного изделия и улучшения условий труда.

2.5.4. Выбор сборочно-сварочного оборудования

Сборочно-сварочное оборудование является важной оснасткой сварочного производства. Поэтому правильный выбор оборудования должен обеспечить изготовление высококачественного изделия.

Сборочно-сварочные приспособления должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Обеспечить доступность к местам установки деталей, к рукояткам зажимных и фиксирующих устройств, к местам прихваток и сварки
2. Обеспечить экономичность сборки
3. Должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы обеспечить точное закрепление деталей в требуемом положении и препятствовать их деформированию при сварке
4. Обеспечивать такие положения изделия, при которых было бы наименьшее число поворотов как при наложении прихваток, так и при сварке
5. Обеспечить свободный доступ при контроле качества изделия
6. Обеспечить лёгкий съём собранного или сваренного изделия
7. Обеспечивать безопасное выполнение сборочно-сварочных работ

Все приспособления, применяемые для сборки и сварки, делят на универсальные и специальные.

Выбор сварочного оборудования производится в соответствии с принятыми методами сварки с учётом размеров изделия. Сварочное оборудование должно обеспечивать высокую производительность сварки и качество сварных соединений.

В данном разделе следует привести краткую характеристику, паспортные данные выбранного оборудования.

Сборка под сварку является наиболее трудоёмкой и важнейшей операцией технологического процесса. Хорошее качество сборки – необходимое условие для достижения высокого качества сварки. При выполнении сборочных операций необходимо: точно выдерживать проектные размеры, необходимые зазоры, обеспечивать точное расположение плоскостей собираемых элементов. Особенно жёсткие требования к точности предъявляются при сборке под автоматическую сварку.

Сборочно-сварочную оснастку в курсовом проекте следует выбирать из расчёта возможной перестройки производства через некоторый период времени на новый вид продукции. Поэтому следует выбирать более универсальные приспособления и установки.

Сборочное оборудование можно разделить на следующие основные группы:

1. Сборочные кондукторы – устройства, состоящие из плоской или пространственной рамы или плиты, на которой размещаются установочные и зажимные элементы
2. Сборочные стенды и установки предназначены обычно для крупных изделий, имеют, как правило, неподвижное основание с размещёнными на нём установочными и зажимными элементами и оборудуются специальными передвижными или переносными устройствами (порталами, катучими балками и т.д.)
3. Сборно-разборные приспособления для сварочного производства, составленные из отдельных взаимозаменяемых стандартных элементов
4. Переносные сборочные приспособления (стяжки, струбцины, распорки и т.д.)

Сварочное оборудование выбирается в зависимости от предложенной в курсовом проекте способе сварки.

2.5.5. Расчёт режимов сварки

Режимом сварки называется совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, формы и качества.

При ручной сварке такими характеристиками являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, скорость перемещения электрода вдоль шва, род тока и его полярность.

Примерное соотношение между диаметром электрода и толщиной свариваемого металла может быть сведена в следующую таблицу:

Таблица 3. Выбор диаметра электрода

Толщина свариваемого изделия, мм	1-2	3	4-5	6-12	13 и более
Диаметр электрода, мм	1,5-2	3	3-4	4-5	5

При сварке многопроходных швов желательно сварку всех проходов выполнять на одних и тех же режимах, кроме первого прохода. При ручной сварке многопроходных швов первый проход выполняется электродами диаметром 3-4 мм. Для определения числа проходов и массы наплавленного металла требуется знать площадь сечения швов. Площадь сечения швов находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур их составляющих.

Зная площадь сечения сварного шва, площадь сечения первого и последующих проходов, можно найти общее число проходов:

$$n = \frac{F_{ш} - F_1}{F_{пр}} + 1$$

где $F_{ш}$ - площадь сечения сварного шва

F_1 - площадь сечения первого прохода

$F_{пр}$ – площадь сечения последующих проходов

для приближённых расчётов сварочный ток может быть определён по эмпирической формуле:

$$I_{св} = k \cdot d$$

где d – диаметр стержня электрода, мм

k – коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра электрода

Таблица 4. Зависимость диаметра электрода от электрического тока

Диаметр электрода d , мм	1-2	3-4	5-6
Коэффициент k , А/мм	25-30	30-45	45-60

Напряжение при ручной дуговой сварке изменяется в пределах 20 – 36 В и при проектировании технологических процессов не регламентируется.

Скорость перемещения дуги (м/ч) определяется по следующей формуле:

$$V_{п.д.} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100}$$

где α_n - коэффициент наплавки г/А·ч

γ - плотность наплавленного металла г/см³

F_n - площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²

Основными параметрами режима автоматической сварки под флюсом являются: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость перемещения дуги, диаметр и скорость подачи сварочной проволоки.

Величина сварочного тока рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{h}{k}$$

где h – глубина проплавления

k – коэффициент пропорциональности, зависящий от рода тока и его полярности, от диаметра электрода, от состава флюса, мм/100А

Таблица 5. Выбор марки флюса

Марка флюса	Род тока	Диаметр электрода, мм	к мм/100А стык без разделки	к мм/100А тавр стык с разделкой
АН-348А	переменный	5	1,1	1,5
		2	1,0	2,0
АН-348А	постоянный обратной пол.	5	1,1	1,75
АН-348А	постоянный прямой пол.	5	1,0	1,25
ОСЦ-45	переменный	5	1,15	1,55

Напряжение на дуге принимается для стыковых соединений в пределах 32...40 В, для угловых 28...36 В. Большому току и диаметру соответствует большее напряжение на дуге.

Зная сварочный ток и напряжение на дуге, можно определить коэффициент формы провара по графикам его зависимости от сварочного тока и напряжения на дуге.

По глубине провара и коэффициенту формы провара можно определить ширину шва по формуле:

$$e = \psi_{np} \cdot h$$

выбрав оптимальное значение формы выпуклости, можно найти высоту выпуклости по формуле:

$$q = \frac{e}{\psi_e}$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяется в зависимости от формы сечения наплавленного металла по соответствующим геометрическим формулам.

Скорость перемещения дуги (м/ч) определяется по формуле:

$$V_{пд} = \frac{\alpha_n I_{св}}{F_n \gamma 100}$$

При сварке постоянным током обратной полярности коэффициент наплавки ($\frac{z}{A \cdot t}$)

$$\alpha_n = 11,6 \pm 0,4$$

При сварке на постоянном токе прямой полярности и переменном токе

$$\alpha_n = A + B \frac{I_{св}}{d_{эл}}$$

где $d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм; А и В – коэффициенты, значения которых зависят от марки флюса. Значения коэффициентов для марки флюса АН-348А приведены в таблице.

Таблица 6. Коэффициент флюса

коэффициент	А	В
прямая полярность	2,3	0,065
переменный ток	7,0	0,04

Скорость подачи сварочной проволоки определяется по формуле:

$$V_{н.п.р.} = \frac{4\alpha_n \cdot I_{св}}{\pi d^2 \cdot \gamma}$$

где γ – удельная плотность металла

Сварка в среде CO_2 характеризуется высокой производительностью и низкой стоимостью. Питание дуги обычно производится постоянным током обратной полярности. При сварке на обратной полярности допускаются большие пределы значения тока, позволяющие получить устойчивый процесс сварки и высокое качество шва.

Режимы сварки в углекислом газе сведены в таблицу:

Таблица 7. Выбор режимов сварки

диаметр электрода в мм	Толщина металла в мм	Сварочный ток в А	Вылет электрода в мм	Напряжение дуги в В	Скорость сварки в м/ч	Расход газа в л/ч
0,5	0,8; 1; 1,5	35; 45; 60	8	17...19	30...40	6
0,8	1,0; 1,5; 2,0	40; 80; 120	9	18...20	35...45	6
1,0	1,0; 1,5; 2,0	70; 90; 120	10	19...21	35...45	6
1,2	2,0	120	12	21	40...45	7
2	8...12	280...400		28...32	16...22	18...20

Основными параметрами режима электрошлаковой сварки проволочными электродами являются следующие параметры:

1. Диаметр электродной проволоки – $d_{эл}$ (обычно принимается 3 мм)
2. Скорость подачи электрода - $V_{п.э.}$
3. Сварочный ток – $I_{св}$

4. Напряжение на шлаковой ванне- $U_{шл}$
5. Скорость сварки – $V_{св}$
6. Толщина свариваемого металла – s
7. Сухой вылет электрода – I_c
8. Скорость поперечных перемещений электрода - $V_{п.п.}$
9. Время выдержки у ползуна при сварке с поперечными колебаниями – t_b
10. Недоход последующего электрода до предыдущего при сварке несколькими электродами с поперечными колебаниями – t_n
11. Количество сварочных проволок-электродов – n
12. Зазор – b
13. Глубина шлаковой ванны – $h_{шл}$
14. Недоход электрода до ползуна
15. Марка флюса

Все эти параметры существенно влияют на качество и формирование сварного шва и должны правильно выбираться. При их выборе необходимо выполнять два условия:

1. выбранный режим должен гарантировать сплошность сварного соединения, т.е. отсутствие внутренних и внешних несплавлений и ширину провара кромок в пределах 6...10 мм на сторону.
2. при сварке на выбранном режиме с применением соответствующих сварочных материалов в шве не должны возникать горячие трещины.

При ЭШС форму и состав шва в основном определяет ширина шва. С изменением ширины шва меняются условия кристаллизации сварочной ванны, доля участия основного металла в шве, химический состав шва и его свойства.

Сварочный ток выбирается в зависимости от отношения толщины свариваемого металла к числу электродов:

$$I_{св} = A + B \frac{s}{n_{эл}}$$

где A и B – коэффициенты ($A=220...280$, $B=3,2...4,0$)

сварочный ток при ЭШС зависит от скорости подачи электродной проволоки, поэтому скорость подачи электродной проволоки можно определить по формуле:

$$V_{п.э.} = \frac{I_{св}}{1,6...2,2}$$

Напряжение шлаковой ванны определяется по формуле:

$$U_{шл} = 12 + \sqrt{125 + \frac{s}{0,075n}}$$

Глубина шлаковой ванны, от которой зависит устойчивость процесса и ширина провара, определяется по формуле:

$$h_{шл} = I_{св} (0,0000375I_{св} - 0,0025) + 30 \quad (\text{мм})$$

Скорость сварки (м/ч) может быть определена по формуле:

$$V_{св} = \frac{n \cdot \alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot b \cdot s \cdot k_y}$$

где k_y – коэффициент, учитывающий выпуклость шва и принимается 1,05...1,1

Скорость поперечных перемещений (м/ч) может быть определена по формуле:

$$V_{п.п.} = 66 - 0,22 \cdot \frac{s}{n}$$

Время выдержки у ползуна определяется по формуле:

$$t_{в} = 0,0375 \cdot \frac{s}{n} + 0,75$$

Расстояние между электродами при поперечных перемещениях определяется по формуле:

$$m = \frac{s}{n} + 8$$

без поперечных перемещений

$$m = s/n$$

Недоход электрода до ползунов принимается равным 5...7 мм.

2.5.6. Расчёт расхода сварочных материалов

Расчёт расхода сварочных материалов производится исходя из расчётов поперечного сечения швов и их длины. Площади поперечного сечения рассчитываются в зависимости от формы разделки кромок по геометрическим формулам. Затем определяется количество наплавленного металла и по нему определяется расход электродов при ручной сварке и расход сварочной проволоки при полуавтоматической и автоматической сварке. Расход флюса и защитных газов определяется по справочнику в зависимости от количества наплавленного металла.

Кроме того вес 1 м каждого типового вида шва можно определить можно по таблицам, приведённым в Приложении.

2.5.7. Меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями.

Сварка вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений. Собственными напряжениями называются напряжения, которые существуют в изделии без приложения внешних сил. В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

1. Тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температуры при сварке
2. Структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений, сопровождающихся переохлаждением аустенита в околошовной зоне и образованием продуктов закалки мартенсита, объём которого больше объёма исходной структуры.
3. Нагрев при сварке приводит к изменению как физических, так и механических характеристик металла, что необходимо учитывать.
4. Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно разделить на две основные группы:
5. Мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающие их влияние
6. Мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений

К первой группе мероприятий относятся: выбор правильной последовательности сварки изделия, закрепление, предварительный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение деталей и другие.

Наиболее эффективным способом является подогрев. Он может быть общим и местным. Подогрев снижает неравномерность распределения температур и тем самым может уменьшить или устранить действие основного фактора, вызывающего сварочные напряжения и деформации.

Для полного снятия напряжений применяется термическая обработка после сварки. Для снятия напряжений назначается высокий отпуск. Целесообразность назначения термической обработки для сварных конструкций в каждом конкретном случае определяется в зависимости от применяемых материалов, технологии изготовления конструкций и условий её эксплуатации.

Ко второй группе мероприятий относятся механическая и термическая правка. Механическая правка заключается в растяжении участков деформированной детали. Термическая правка, т.е. правка нагревом достигается за счёт пластических деформаций сжатия растянутых участков.

Те или иные мероприятия выбираются в зависимости от конструкции изделия, свариваемого материала и способа сварки

2.5.8. Контроль качества сварных соединений

При выборе методов контроля в процессе заготовки, сборки и сварки сварных конструкций необходимо принять такие методы контроля за качеством выпускаемой продукции, которые обеспечили бы требования технических условий на изготовление сварных конструкций.

Высокое качество сварных конструкций может быть обеспечено при условии строгого соблюдения пооперационного контроля. Контрольные операции разделяются на три этапа:

1. предварительный контроль перед сваркой. Он включает в себя проверку исходных материалов, применяемых для изготовления изделия, проверку сварочного оборудования, оснастки, инструментов, квалификации сварщиков и т.д.
2. контроль в процессе производства с целью проверки правильности заготовки, сборки, соблюдение технологических режимов, размеров и качества сварных швов, последовательности их наложения и др.
3. контроль готовой продукции – приёмно-сдаточные испытания

Контроль на первых двух этапах позволяет предупредить брак. До начала изготовления сварных конструкций должны быть тщательно проверены все применяемые материалы. Готовое изделие проверяется в соответствии с техническими условиями и чертежами, а также путём проведения предусмотренных испытаний.

Выбрав методы контроля, следует дать их краткую характеристику и обоснование.

2.6. Техника безопасности при выполнении сборочных и сварочных работ

При сборке сварных конструкций следует соблюдать следующие требования:

1. все обрабатываемые изделия должны устанавливаться и надёжно закрепляться в приспособлениях
2. пользоваться только проверенным подъёмно-транспортным оборудованием
3. при работе совместно с электросварщиками нужно пользоваться очками или маской с тёмными стёклами
4. при заточке инструмента на наждаке без защитного экрана и при работе со шлифовальной машиной работать в очках с прозрачными стёклами
5. При сварочных работах следует руководствоваться следующими требованиями:
6. работа должна производиться только со щитком или маской, закрывающей все части лица работающего и снабжённой необходимым светозащитным стеклом
7. спецодежда должна удовлетворять установленным нормам
8. для защиты окружающих от действия электрической дуги рабочее место электросварщика должно быть ограждено
9. присоединение проводов к свариваемому изделию, электрододержателю и сварочным установкам должно быть плотным и прочным
10. при сварочных токах, превышающих 600 А, токоведущий провод должен присоединяться к электрододержателю, минуя его рукоятку
11. рукоятка электрододержателя должна быть изготовлена из диэлектрического и теплоизолирующего материала
12. для защиты от флюсовой пыли, выделяющейся при сварке, используются флюсоотсосы, а рабочее место обеспечивается вентиляцией
13. горелки для сварки в углекислом газе не должны иметь открытых токоведущих частей, а рукоятки должны быть покрыты диэлектрическим теплоизолирующим материалом
14. в случае появления искрения между корпусом горелки и деталью сварка должна быть прекращена до устранения неполадок
15. газовые и водяные коммуникации должны быть герметичными и не иметь утечек газа или воды

Основными мерами защиты от пожара являются: наличие исправной электропроводки, сварочных проводов и других источников, отсутствие при работе на участке легковоспламеняющихся веществ, соблюдение всех требований противопожарных правил всеми работающими на участке.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Задачи, содержание курсового проекта и исходные данные для его выполнения.....	2
2. Содержание и объём курсового проекта.....	5
3. Введение к курсовому проекту.....	6
4. Описание конструкции с анализом её технологичности.....	7
5. Характеристика свариваемого материала.....	8
6. Определение свариваемости стали.....	9
7. Разработка технологического процесса.....	10
8. Техника безопасности	24

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников В.В. Технология электросварочных и газосварочных работ: учебник.- М.: Академия,
2. Овчинников В.В. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой.-М. Академия,
3. Овчинников В.В. Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник.- М.: Академия,
4. Овчинников В.В. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой.-М. Академия,
5. Овчинников В.В. Технология электросварочных и газосварочных работ.- М.: Академия,
6. Овчинников В.В. Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник.- М.: Академия,
7. В.С. Милютин Р.Ф. Китаев Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением.-М.: Академия,
8. Овчинников В.В. Технология производства сварных конструкций: учебник.- М.: Академия,

ПРИЛОЖЕНИЕ