

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по УР

 Н.А. Хрущева

« 29 » 08 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ГПОУ «Донецкий
профессионально - педагогический колледж»

 Г.В. Гливка

инициалы, фамилия

« 29 » 2019 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА)**

ВЫПУСКНИКОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ: 22.02.06 «СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

Составители:

Вечеребина В.Н. – преподаватель-методист, председатель цикловой комиссии «Сварочное производство» Государственного профессионального образовательного учреждения «Донецкий профессионально-педагогический колледж», специалист высшей категории

Рецензенты:

Лисовицкий В.И. – преподаватель –методист, председатель цикловой комиссии «Профессиональное образование» Государственного профессионального образовательного учреждения «Донецкий профессионально-педагогический колледж», специалист высшей категории

Вилькос А.В. – председатель цикловой комиссии специальных сварочных дисциплин, Государственного профессионального образовательного учреждения «Харьковский технологический техникум ГОУВПО «ДонНТУ», специалист высшей категории

Асеева Н.М. заместитель генерального директора ПАО «Донецкий завод Продмаш»

Методические указания по выпускной квалификационной работе (дипломный проект) для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 22.02.06. «Сварочное производство». Изложены требования к выполнению выпускной квалификационной работе (дипломный проект) студентов.

В процессе перехода учебных учреждений среднего профессионально-технического образования на образовательные стандарты среднего профессионального образования Донецкой Народной Республики возникла необходимость изменения требований к написанию и оформлению выпускных квалификационных работ (дипломных проектов) выпускников. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускных квалификационных работ (дипломных проектов) студентов направлены на адаптацию учебных учреждений к требованиям образовательных стандартов СПО .

Рассмотрено на заседании ц/к «Сварочное производство»

Протокол № ___ от «__» _____ 2019 г.

Председатель ц/к _____ В.Н. Вечеребина

Одобрено и рекомендовано к использованию на заседании методического совета ДППК
Протокол № ___ от «>> _____ 2019 г.

Секретарь методсовета _____ А.Н. Малыш

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие положения

- 1.1. Цель и задачи выпускной квалификационной работы (дипломный проект)
- 1.2. Подготовка к выпускной квалификационной работе (дипломный проект)
- 1.3. Организация работы над выпускной квалификационной работой (дипломный проект)
- 1.4. Руководство выпускной квалификационной работой (дипломный проект)
- 1.5. Указания по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы (дипломный проект)
- 1.6. Подготовка к защите проекта перед ГКК
- 1.7. Содержание и объем выпускной квалификационной работы (дипломный проект)

2. Методические указания по выполнению технологической части выпускной квалификационной работы (дипломный проект)

Введение

1. Технологическая часть

- 1.1 Характеристика изделия. Технические условия на его изготовление
- 1.2 Направления усовершенствования технологии изготовления сварной конструкции
- 1.3 Характеристика металла изделия, обоснование выбранного металла
- 1.4 Выбор и обоснование выбора оборудования для заготовительного участка.

Рациональный раскрой металла и расчет процента отхода

1.5 Выбор методов сборки, схема сборки и сварки. Разработка или модернизация приспособления для сборки

1.6 Обоснование выбранных способов сварки

1.7 Выбор и обоснование выбора сварочных материалов

1.8 Расчет режимов сварки (по всем видам, которые применяются в проекте)

1.9 Выбор сварочного оборудования и вспомогательного технологического оснащения

1.10 Расчет затрат сварочных материалов и электроэнергии на изготовление конструкции

1.11 Анализ технологичности проектируемого изделия

1.12 Расчет норм времени сборочно-сварочных операций

1.13 Способы предотвращения деформаций и уменьшения остаточных напряжений

1.14 Выбор и обоснование методов контроля качества сварной конструкции

Список рекомендованной литературы

ВВЕДЕНИЕ

Формами государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования являются: защита выпускной квалификационной работы или государственный экзамен.

Выпускная квалификационная работа способствует систематизации и закреплению знаний выпускника по специальности и выявлению уровня подготовки выпускника к самостоятельной работе. Для выпускников, осваивающих программы подготовки специалистов среднего звена, выпускная квалификационная работа выполняется в виде дипломного проекта.

Выполнение выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) направлено на выявление и определение уровня владения выпускниками профессиональными компетенциями в соответствии с требованиями образовательного стандарта.

Обязательным требованием для выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) является соответствие его тематики содержанию профессиональных компетенций.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) выпускник должен показать умение пользоваться не только учебниками и учебными пособиями, но и современными справочными материалами, специальной технической литературой, стандартами, нормативными документами, продемонстрировать уровень формирования профессиональных и общих компетенций.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Цель и задачи выпускной квалификационной работы (дипломный проект)

Выпускная квалификационная работа(дипломный проект) является самостоятельной работой студента, на основании которой Государственная квалификационная комиссия решает вопрос о присвоении студенту квалификации специалиста. В этой работе выпускник должен показать, что он теоретически и практически осмыслил и осознал сущность производственных процессов, материал специальных и экономических дисциплин.

Целью выпускной квалификационной работы (дипломный проект) является систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний студентов, применение этих знаний при решении конкретных технических задач, развитие навыков самостоятельной работы, творческое преобразование информации из разных источников.

В выпускной квалификационной работе (дипломный проект) необходимо разработать прогрессивный технологический процесс изготовления конструкции, наиболее эффективный в экономических отношениях, предусматривая максимальную комплексную механизацию и автоматизацию производственного процесса, потоковые методы производства. В выпускной квалификационной работе (дипломный проект) должны найти применение высокопроизводительное сборочное приспособление и сварочное оборудование, робототехнические комплексы, АСУ.

Основой для выполнения выпускной квалификационной работы (дипломный проект) является критический анализ технологического процесса, оборудования и приспособлений, действующих на предприятии, а также предложении по внедрению наиболее передового технологического оборудования.

Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) включает комплект технологической документации, в состав которой входят чертеж и пояснительная записка. Графическая часть выпускной квалификационной работы (дипломный проект) регламентируется требованиями стандартов к проектируемому объекту, по которому разрабатывается технологический процесс, включающий:

- сборочный чертеж изготавливаемого изделия и его составляющие;
- чертеж общего вида приспособления для сборки, которое используется для изготовления данного изделия;
- чертеж общего вида приспособления для сварки, которое используется при изготовлении данного изделия;
- чертеж плана участка цеха.

К выпускной квалификационной работе (дипломный проект) прилагаются технологические карты.

Демонстрационный материал выпускной квалификационной работы (дипломный проект) может быть графическим (на бумаге), электронным (видеоматериал, мультимедиа, презентации и тому подобное), натуральным (модели, макеты и тому подобное).

При проектировании должны быть использованы достижения науки и техники в данной области. Совершенно недопустимо при проектировании использовать морально устаревшее оборудование и тем более снятое с производства. Допускается использование оборудования, находящегося в стадии разработки, если известны его основные параметры.

Решения, принятые в выпускной квалификационной работе (дипломный проект), должны быть рациональными в технико-экономическом отношении, основаны на последних достижениях науки и техники, на новейших формах организации труда и средствах комплексной механизации и автоматизации.

В проекте также должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению максимальной безопасности при выполнении технологических процессов, при эксплуатации сварочного и вспомогательного оборудования, противопожарной безопасности, экономии электроэнергии, охране окружающей среды.

Основной задачей выпускной квалификационной работы (дипломный проект) является развитие у студента творческой инициативы, самостоятельности в работе и умения пользоваться технической литературой. Все эти качества наиболее полно совершенствуются при изучении отдельных конкретных вопросов. Поэтому в выпускной квалификационной работе (дипломный проект) предусматривается углубленная разработка технологической части, которая должна иметь по возможности актуальное значение для производства.

Технологическая часть проекта должна содержать необходимые расчеты режимов сварки, затраты сварочных материалов и электроэнергии, норм времени сборочно-сварочных операций.

Студенты в работе над проектом должны проявлять полную самостоятельность.

1.2. Подготовка к выпускной квалификационной работе (дипломный проект)

Непосредственная подготовительная работа к выпускной квалификационной работе (дипломный проект) начинается со дня получения дипломного задания. Она заключается в изучении дипломного задания, сборе материалов, подборе литературы, составлении графика работы над проектом.

Изучив задание, студент должен уяснить основную задачу проекта, продумать последовательность его выполнения, определить какой необходим материал, для его выполнения, ознакомиться со списком рекомендованной литературы. В результате может потребоваться дополнительное изучение отдельных вопросов по учебникам, справочникам, периодической литературе, или консультация специалистов.

Материал к проекту подбирается на производственной практике (преддипломной). Необходимый материал можно получить в технологическом отделе, конструкторском бюро. Материал должен содержать реальные данные и перспективные предложения.

К подбираемому материалу нужно относиться критически. Может случиться так, что технико-экономические показатели, уровень механизации, организации труда и технологического процесса на отдельных предприятиях не соответствует современному уровню, отстают от него. Возможно также и нарушения технологии процесса, охраны труда, противопожарных требований, технической эксплуатации и др. Необходимо установить причины этого, наметить пути устранения недостатков.

Рекомендуется подобрать необходимую литературу и внимательно изучить ее, сделать необходимые выписки расчетов, формул, эскизов, которые могут оказаться полезными при проектировании. Следует ознакомиться с периодической литературой по теме дипломного проекта.

Все материалы, собранные на преддипломной практике должны быть соответствующим образом обработаны, систематизированы и помещены в отчет о

прохождении преддипломной практики. Кроме того, находясь на преддипломной практике, студент должен изучить действующий объект, по которому будет выполняться дипломный проект.

1.3. Организация работы над выпускной квалификационной работой (дипломный проект)

Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) выполняется в соответствии с заданием в отведенный срок. Общее время, отводимое на Выпускная квалификационная работа (дипломный проект), составляет 5 недель, из них одна неделя отводится на подготовку и проведение защиты перед ГЭК. Поэтому для успешной работы над проектом с целью его качественного и своевременного выполнения необходимо составить график работы над проектом без "раскачки" и "штурмовщины", которые снижают его качество, а иногда приводят к несвоевременному выполнению. График позволяет дипломнику установить необходимый темп работы и заранее видеть его предстоящий объем. В процессе проектирования индивидуальный график может уточняться. График предусматривает сроки выполнения отдельных разделов проекта и его оформления в целом. Этот график утверждается руководителем дипломного проектирования и учебной частью колледжа.

Большое значение имеет правильный режим работы дипломника. Ошибаются те дипломники, которые думают, что над проектом нужно работать по 18-20 часов в сутки. Переутомление отражается на здоровье дипломника и качестве проекта. Работа над проектом должна чередоваться с отдыхом. Лучшее время для работы над проектом - утренние и дневные часы.

Пояснительная записка и графический материал должны выполняться начисто по мере выполнения разделов проекта, что снижает вероятность ошибок.

1.4. Руководство выпускной квалификационной работой (дипломный проект)

Для непосредственного руководства выпускной квалификационной работой (дипломный проект) студента назначается руководитель из числа преподавателей специальных дисциплин или других опытных специалистов. Руководитель выпускной квалификационной работой (дипломный проект) назначается для каждого студента перед уходом его на производственную практику (преддипломную). Он является также консультантом по технологической части проекта.

Для консультации студентов по отдельным частям проекта (например, охране труда и экономической) назначаются консультанты.

Задания по выпускной квалификационной работой (дипломный проект) индивидуальные для каждого студента. Они выдаются на специальном бланке, подписываются руководителем выпускной квалификационной работой (дипломный проект) и заместителем директора по учебной работе.

Студент обязан в срок приступить к выполнению выпускной квалификационной работе (дипломный проект) и выполнять его непрерывно под контролем руководителя по индивидуальному графику.

Руководитель выпускной квалификационной работой (дипломный проект) осуществляет контроль за качеством выполнением выпускной квалификационной работы (дипломный проект) и соответствием его объема объему, предусмотренному в задании.

Роль руководителя и консультантов, кроме осуществления контроля, заключается также в разъяснении и консультациям по возникающим у студентов вопросам. Руководитель следит за правильностью общего направления проектирования. При этом он не решает вопросы за автора проекта, а должен лишь направлять студента на правильное разрешение отдельных вопросов и задач, встречающихся при выполнении проекта, раскрывая более широкую сущность поставленных перед студентом вопросов, всячески стимулировать самостоятельность работы студента над его темой.

Студент, разрабатывающий выпускную квалификационную работу (дипломный проект), должен регулярно посещать предусмотренные расписанием консультации руководителя проекта.

Необходимо помнить, что никакие изменения в задании в процессе проектирования без решения руководителя выпускной квалификационной работой (дипломный проект) не допускаются. Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) рекомендуется выполнять в помещении колледжа в специально созданных кабинетах дипломного проектирования, в которых имеются учебные пособия, справочники, технические журналы, образцы проектов.

1.5. Указания по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы (дипломный проект)

Выполняя выпускную квалификационную работу (дипломный проект) нужно обращать внимание на технико-экономическое обоснование принимаемых решений. Для этого необходимо изучить литературу по данному вопросу: приказы и распоряжения министерства, технические издания, информационную литературу, издания периодической печати. Консультация с руководителем проекта должна предшествовать окончательному принятию предварительного решения. Окончательное решение должно быть принято дипломником самостоятельно, с полной убежденностью в его рациональности.

Наилучшим обоснованием проекта является рассмотрение двух-трех вариантов возможного решения вопроса с последующим сравнением полученных результатов. Решающими факторами являются: экономичность, механизация и автоматизация производственных процессов, повышение производительности труда при строгом соблюдении безопасности, надежность и долговечность. Результаты сравнения вариантов следует проанализировать и выбрать из них наиболее рациональный.

Графическую часть проекта следует выполнять параллельно с расчетами, что позволит, в зависимости от обстоятельств, изменять расчеты или чертежи и таким образом, увязывать их между собой.

Оформление пояснительной записки (текстового документа) и графического материала проекта должно быть выполнено в полном соответствии с Единой системой конструкторских документаций (ЕСКД).

1.6. Подготовка к защите выпускной квалификационной работе (дипломный проект) перед ГЭК

В законченном виде выпускная квалификационная работа (дипломный проект) с отзывом руководителя направляется на рецензию соответствующему специалисту. Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) возвращается с рецензией не позже чем за день до назначенного срока защиты его перед Государственной

квалификационной комиссией (ГКК). Несоблюдение этого правила, предусматривающего необходимое время на подготовку студента к защите и ответов на замечания рецензента, дает дипломнику право отказаться от защиты в назначенный срок и ходатайствовать об установлении нового срока защиты.

К защите может быть допущен проект лишь в том случае, если он по заключению руководителя проекта и рецензента отвечает требованиям программы.

Защита выпускной квалификационной работы (дипломный проект) перед ГКК является завершающим этапом работы студента.

После выполнения выпускной квалификационной работы (дипломный проект) студент должен готовиться к докладу перед ГКК. Необходимо составить план-конспект доклада, используя пояснительную записку и чертежи с учетом замечаний, сделанных руководителем проекта и рецензентом. Нужно помнить, что в доклад не надо включать описание деталей, узлов и других вопросов, имеющих вспомогательное значение, которые могут быть освещены при ответах на вопросы членов ГКК.

В докладе необходимо уделить больше времени освещению технологической части проекта, выделив элементы творческой работы над актуальными производственными вопросами.

Доклад лучше всего построить по следующей схеме:

- формулировка задания и целевая установка его;
- краткая характеристика проектируемого изделия и технические условия его изготовления;
- освещение направлений усовершенствования технологии изготовления сварной конструкции ;
- сообщение основных, принятых дипломником, решений, обоснование их;
- краткий принцип работы применяемого оборудования;
- выполнение правил безопасности и противопожарных мероприятий в проекте;
- ответы на замечания руководителя проекта и рецензента.

Во время защиты проекта члены ГКК задают студенту вопросы. Ответы на эти вопросы должны быть конкретными, немногословными, сопровождающиеся доказательствами. Если при этом необходимо сослаться на таблицы, расчеты и т.п., то с разрешения председателя ГКК можно воспользоваться пояснительной запиской и чертежами проекта.

1.7 Содержание и объем выпускной квалификационной работы (дипломный проект)

Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) состоит из пояснительной записки (текстового документа) и графической части (чертежей).

Общий объем пояснительной записки, независимо от темы проекта, должен составлять в пределах 80 – 90 страниц рукописного текста или 70 – 80 страниц машинописного текста.

Содержание записки предлагается разбить примерно на следующие разделы в таких объемах:

- Введение – 1,5 – 2 страницы;
- I. Технологическая часть – 20 – 40 страниц;
- II. Экономическая часть – 20 – 25 страниц;
- III. Мероприятия по охране труда и противопожарной защите – 7 – 10 страниц;

Содержимое каждого раздела пояснительной записки определяется заданием на выпускную квалификационную работу (дипломный проект). Этим же заданием

устанавливается объем и содержание графического материала. В зависимости от темы проекта чертежи должны размещаться на 4 листах формата А1.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

Материалом для выполнения технологической части проекта является отчет о производственной практике (преддипломной). Объем этой части в каждой выпускной квалификационной работе (дипломный проект) может быть одинаковым. Составляется по нижеприведенному плану. Допускаются изменения плана в зависимости от характера конкретной темы проекта, по согласованию с руководителем проекта и консультантами

Введение

В введении необходимо изложить следующее: данные о развитии и применении сварки в той отрасли промышленности, к которой относится заданная сварная конструкция; предлагаемый объем использования высокопроизводительных современных методов сварки, возможность комплексной механизации, автоматизации и роботизации изготовления сварной конструкции; перспективы развития отрасли промышленности, к которой относится сварная конструкция. Актуальность разрабатываемой темы увязать с той отраслью народного хозяйства, для которой изготавливается заданная сварная конструкция,

Литература: [1]; [5]; [6];

1.1 Характеристика изделия. Технические условия на его изготовление

Описание конструкции изделия (узла) по которому проектируется технологический процесс, рекомендуется указать в следующей последовательности:

- наименование и назначение сварной конструкции;
- характер металлоконструкции, условия ее работы;
- габариты, массу;
- характер нагрузок, действующих на сварную конструкцию в процессе эксплуатации, условия эксплуатации (среда, температура, влажность, давление и так далее);
- технические условия.

Технические условия (ТУ) - требования, которые предъявляют к изделиям при изготовлении, к основным и сварочным материалам и контролю качества конструкции.

Вопрос рекомендуется раскрыть в следующем порядке:

1.1.1. Технические условия на изготовление сварной конструкции.

Техническими условиями на изготовление называют требования, которые предъявляются к конструкциям при их изготовлении. В соответствии с техническими условиями конструкции должны удовлетворять всем требованиям к их качеству и работоспособности.

Технические условия на заготовку включают требования на габаритные размеры заготовок, качество подготовки кромок, конструктивные размеры кромок.

Технические условия на сборку

Технические условия на сборку состоят из требований к проверке заготовок и деталей перед сборкой и состояния их поверхностей, к допущениям на усадку сварных швов, к предельным промежуткам при сборке разных типов соединений, которые устанавливаются соответствующими ГОСТами в зависимости от способа сварки.

Необходимо также включить требования в обеспечение взаимной перпендикулярности сборочных деталей.

Технические условия на сварку

Технические условия на сварку должны включать требования на зачистку кромок под сварку, сварные швы и соединения после сварки, на соблюдение режимов сварки, указанных в картах технологического процесса и отклонениям, которые допускаются, к внешнему виду сварных швов.

Технические условия на контроль качества. Контроль качества должен осуществляться систематически в течение всего производственного цикла.

Порядок контроля указывается в карте технологического процесса.

Контроль качества сварных соединений может осуществляться внешним обзором и измерениями, испытанием на непроницаемость просвечиванием, методами магнитного контроля и другими в зависимости от требований.

Внешнему осмотру должны быть подданы 100% швов. Внешний осмотр выявляет: отклонение швов от заданной формы, внешние трещины, поры, подрезы, прожоги и не заваренные кратеры, наплывы.

Дефектные участки или сварные швы допускается удалять механическим путем, газокислородным резаком или воздушно-дуговой стружкой.

Все исправленные сварные швы, выполненные как дуговой, так и контактной сваркой, должны быть подвергнуты повторному контролю.

Литература: [20]; [21]; [22]; [9].

1.1.2. ТУ на основной металл.

Качество основного металла должно отвечать требованиям сертификата, который посылают заводы-поставщики вместе с партией металла. В нем указывают наименования завода-изготовителя, марку, химический состав стали, номер плавки, профиль и размер материала, массу металла и номер партии, результаты всех испытаний, предвиденных стандартом, номер стандарта и сталь этой марки. Указывают требования ГОСТа к поверхности металла, к дефектам, которые допускаются на поверхности.

Литература: ГОСТ и ТУ на выбранный металл.

1.1.3. ТУ на сварочные материалы

В технических условиях на сварочные материалы отображаются основные требования к материалам из соответствующих государственных стандартов.

Требования к электродам: ГОСТ 9466-75, 9467-75, 10051-75, 10052-75

Требования к сварочной проволоке: ГОСТ 2246-70, ГОСТ 26271-84.

Примечание: если сварка ведется порошковой или активированной проволокой, требования выбираются из соответствующих ТУ и ГОСТов.

Требования к флюсу: ГОСТ 9087-81.

Требования к защитному газу: ГОСТ 8050-85; ГОСТ 5683-86; ГОСТ 10157-75; ГОСТ 5177-75.

Литература: [6; том 2,] [26] .

1.2 Направления усовершенствования технологии изготовления сварной конструкции

В данном разделе необходимо наметить направления усовершенствования технологии изготовления проектируемой сварной конструкции в сравнении с проанализированным базовым вариантом изготовления изделия.

Направления усовершенствования изготовления проектируемой сварной конструкции необходимо рассмотреть с точки зрения новизны использования оборудования и сварочных материалов, начиная с заготовительных операций и заканчивая контролем качества.

Особенное внимание следует уделять подъемно-транспортным операциям, поскольку они складывают до 60 % трудоемкости изготовления сварных конструкций.

1.3 Характеристика металла изделия, обоснование выбранного металла

При обосновании выбора материала для сварных конструкций рассматривают следующие основные вопросы:

- обеспечение необходимой прочности и жесткости при наименьших расходах на изготовление с учетом максимальной экономии металла;
- гарантированные условия свариваемости при минимальном разрушении и снижении пластичности в зонах сварных соединений;
- обеспечение надежности эксплуатации конструкции при заданных нагрузках, агрессивных средах и переменных температурах.

Описание свойств свариваемого материала начинается с общей характеристики стали или сплава, физико-химических свойств и химического состава. Необходимо определить влияние физических характеристик и химического состава на процесс сварки и получения сварного шва высокого качества. Обосновав выбор марки стали или сплава, необходимо указать химический состав и механические свойства стали.

Механические свойства и химический состав металла выбирают из литературы [2], приводят в виде таблиц, образцы которых ниже приведены в форме таблиц :

Таблица 1.1 - Химический состав стали ГОСТ

Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %						

Таблица 1.2 - Механические свойства стали ГОСТ

Марка стали	ГОСТ	Временное сопротивление разрыва σ_B , Н/мм	Предел текучести, σ_T Н/мм	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость, МДж/м ²

Для правильного выбора способа сварки необходимо дать оценку свариваемости выбранной стали. Оценка свариваемости производится по эквиваленту углерода, который для углеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле

$$C_{экв} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2;$$

или
$$C_{экв} = C + 1/9(Vn + Cr) + 1/18Ni + 1/3Mo;$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P, Mo – массовые доли углерода, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия, фосфора, молибдена, %. Цифры в знаменателе – это коэффициенты, выведенные опытным путем.

Полный эквивалент $C_{\text{ЭКВ}}$ рассчитывается с учетом толщины свариваемого металла, которая является поправкой к эквиваленту углерода.

$$C_{\text{ЭКВ}}^I = C_{\text{ЭКВ}} + N = C_{\text{ЭКВ}} + 0,005 * S * C = C (1 + 0,005 * S)$$

$$N = (0,005 * S);$$

где N – поправка с учетом толщины; $0,005$ – коэффициент толщины, определенный опытным путем; S – толщина металла, мм.

При соответствии $C_{\text{ЭКВ}}$ расчетным значением делаются выводы о свариваемости. Если $C_{\text{ЭКВ}} > 0,40 - 0,45 \%$, то проводится подогрев.

Температуру подогрева определяют по формуле:

$$T_{\text{под}} = C_{\text{ЭКВ}} - 0,25 * 350 (^\circ\text{C});$$

где 350 ; $0,25$ – эмпирические коэффициенты.

Свариваемость высоколегированных аустенитных сталей определяют [4, с.170] соотношением эквивалентов хрома к никелю по формулам

$$Cr_{\text{ЭКВ}} = Cr + 1,5Si + Mo + 0,5V + Mb + W + 2Al + 2Ti$$

$$Ni_{\text{ЭКВ}} = N + 0,5Mn + Co + 30C + 30N + 12B$$

Если, $(Cr_{\text{ЭКВ}} / Ni_{\text{ЭКВ}}) > 1,3$ — сталь хорошо свариваемая;

$(Cr_{\text{ЭКВ}} / Ni_{\text{ЭКВ}}) = 1,0 - 1,3$ — ограничено свариваемая;

$(Cr_{\text{ЭКВ}} / Ni_{\text{ЭКВ}}) < 1,0$ — сталь плохо свариваемая;

По результатам расчета $C_{\text{ЭКВ}}$ делается вывод, что предлагаемая марка стали выбрана правильно, с учетом условий и требований к проектируемой конструкции.

В пояснительной записке необходимо сделать заключение по свариваемости стали и предоставить характеристику группы к которой она относится.

1.4 Выбор и обоснование выбора оборудования для заготовительного участка. Рациональный раскрой металла и расчет процента отхода

Данный вопрос необходимо рассматривать в виде схемы, на которой представить заготовительные операции в порядке их выполнения для каждой детали (однотипные детали объединены в соответствующие группы с целью разработки общей для них технологии), входящих в состав данной конструкции с указанием применяемого оборудования на заготовительных операциях. Необходимо привести технические характеристики выбранного заготовительного оборудования в виде таблиц. Рациональный раскрой металла и расчет процента отхода выполняется в зависимости от размеров деталей.

Различают два типа раскроя:

1. Лист раскраивают с учетом изготовления деталей одного размера - одного наименования.

2. Лист раскраивают с учетом изготовления деталей разных размеров - различных наименований

Размещение заготовок выполняется с минимальным отходом и максимальным полезным коэффициентом использования, который определяется по следующей методике: определяют процент отхода металла по формуле:

$$P_{\text{отх}} = \frac{G_2 - G_1}{G_2} \cdot 100\%$$

где G_1 - масса детали, кг

G_2 - масса заготовки, кг

определяют коэффициент использования металла по формуле:

$$K_{II} = \frac{G_1}{G_3}$$

где G_1 - масса деталей на листе, кг
 G_2 - масса листа, кг

Итак, норму расхода на заготовку детали определяют по формуле:

$$G_2 = \frac{G_3}{n}$$

где n - число деталей на листе, шт.

Коэффициент использования металла в машиностроении составил (0,6-0,88), что соответствует нормативным данным.

Если детали по своим размерам можно изготовить из полосового проката, то это эффективнее, чем резать листовой прокат. Рациональное использование проката приведет не только к его экономии, но и снижению трудоемкости и повышению производительности, поскольку сокращается число резов.

1.5 Выбор методов сборки, схема сборки и сварки. Разработка или модернизация приспособления для сборки

В данном разделе необходимо для конкретной проектируемой конструкции выбрать одну из наиболее рациональных схем сборки.

Чтобы выбрать оптимальный вариант сборки, нужно хорошо уяснить чертеж проектируемой конструкции или узла, представленный в трехмерном пространстве программой Компас-3D. Конструкция, представленная в трехмерном пространстве поможет студенту установить последовательность сборки деталей или узлов.

После установления последовательности сборки изделия привести схему сборки и сварки.

В зависимости от технологичности конструкции (сложность ее, доступность соединений для сварки, количество применяемых методов сварки) и технической возможности создания сборочных приспособлений, схемы сборки конструкции которых могут быть различны.

Основными схемами сборки и сварки являются:

- полная сборка конструкции с последующей сваркой;
- последовательная сборка и сварка;
- сборка и сварка узлов, а затем сборка и сварка конструкции из подузлов.

По первой схеме собираются простые технологические конструкции, сборка производится в одном приспособлении, приспособление может быть сборочным и сборочно-сварочным; сварка производится преимущественно одним методом.

Вторая схема обычно применяется для технологичных конструкций, когда сварка полностью собранной конструкции невозможна и невозможно выделение из конструкции технологических сборочных узлов. По этой схеме собирают детали, образующие доступные для сварки соединения, свариваются, а затем устанавливаются последующие детали, свариваются и так далее, при этом собранные под сварку элементы каждый раз образуют технологическую сборку. Сборка и сварка производится в сборочно-сварочном приспособлении, обычно одним методом сварки.

По третьей схеме собирают сложные технологические конструкции, в которых можно выделить технологические узлы (подузлы). Составление промежуточного узла и

общая сборка производится в отдельных сборочных или сборочно-сварочных приспособлениях, причем методы сварки промежуточного узла и общая сборка могут быть разными.

Основным преимуществом третьей схемы является простота сборочных приспособлений, а также возможность выделения промежуточного узла под автоматические методы сварки.

На основе серийности производства необходимо охарактеризовать выбранный метод сборки и составить схему сборки заданной конструкции (узла), учитывая технологичность конструкции. На схеме следует показать последовательность сборки отдельных деталей и узлов, которые обозначаются кругом в котором в числителе указывается номер детали согласно спецификации к общему чертежу в знаменателе количество деталей, входящих в узел (У) или подузел (ПУ).

Например: составить схему сборки корпуса. Схема сборки изделия показана на рисунке 1.

Описание приспособлений для сборки и сварки

При сборке конструкций широко используют разнообразные приспособления. Тип приспособления определяется в зависимости от степени сложности конструкции и типа производства. Так при индивидуальном производстве используют универсальные приспособления, при серийном - как универсальные, так и специализированные сборочные установки с прижимами быстрого действия, в массовом - специализированные установки и приспособления.

Использование приспособлений снижает трудоемкость сборочных операций, уменьшает величину остаточных деформаций, повышает качество конструкции

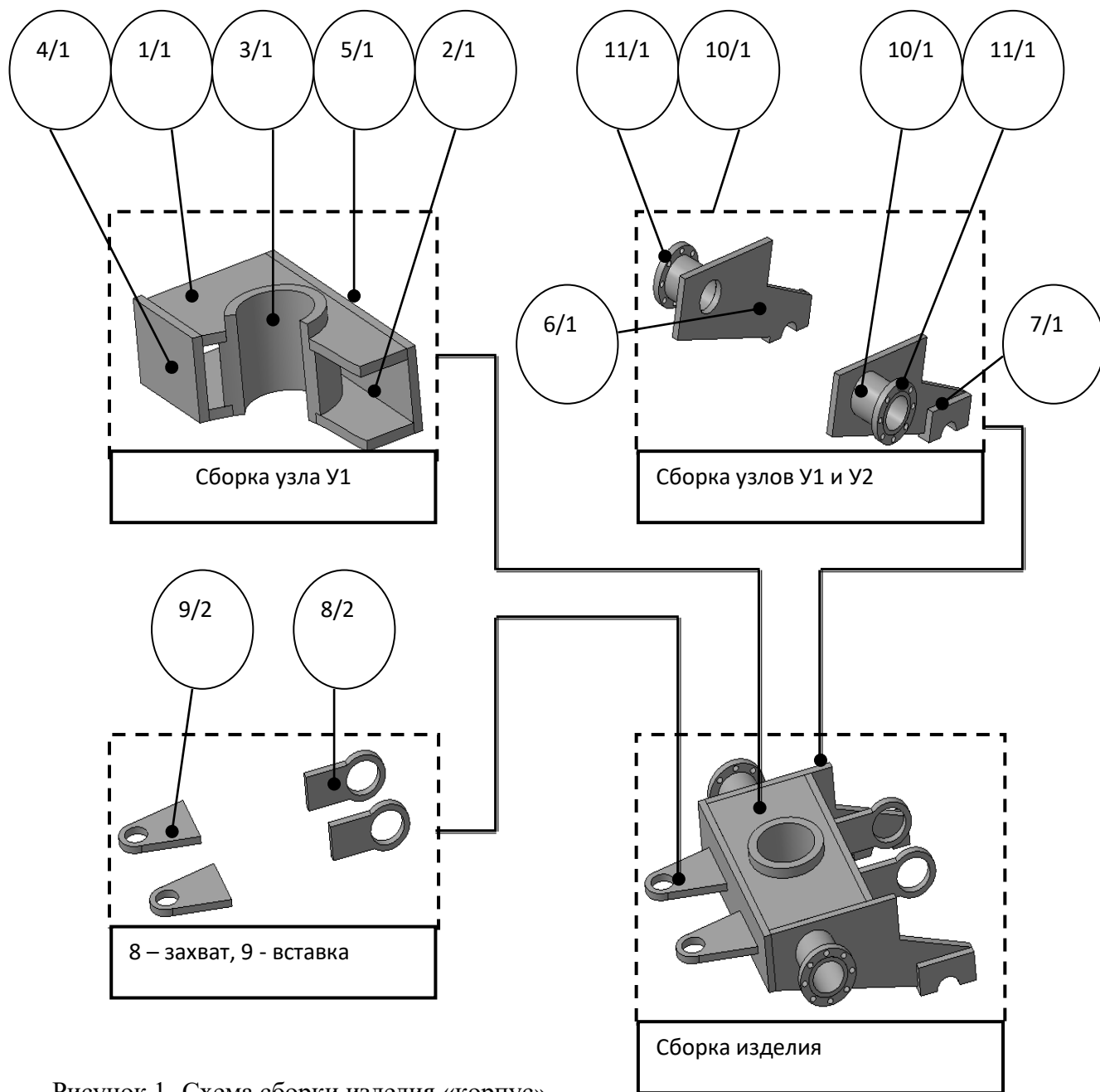


Рисунок 1- Схема сборки изделия «корпус»

Правильно спроектированное и изготовленное приспособление должно отвечать следующим требованиям:

- быть удобным в эксплуатации;
- обеспечивать проектные размеры изделия;
- обеспечивать быстрое установление элементов узлов, под узлов, деталей, собираемых и их снятие после сборки и сварки изделия;
- иметь небольшую стоимость и удовлетворять требованиям техники безопасности при выполнении сборочных и сварочных работ.

Универсальные приспособления используют при сборке на стеллажах, плитах, роликовых стендах.

В качестве специализированных приспособлений, используют различное оборудование с механическими и гидравлическими прижимами.

Широкое применение при производстве сварных конструкций нашли сборочно – сварочные приспособления, обеспечивающие поворот изделия в удобное для сварки положение, а также перемещения изделий в процессе сварки. К ним относятся позиционеры, кантователи, манипуляторы, вращатели, роликовые стенды.

В кантователях изделия закрепляют между стойками на раме или в кондукторе (кроме цепных, рычажных, челночных) и вращают с помощью привода вокруг горизонтальной оси в удобное для сборки и сварки положение.

В позиционере установка изделия в удобное для сборки и сварки положение обеспечивается вращением изделия с маршевой скоростью при различных углах наклона оси вращения.

Манипуляторы предназначены для сварки изделий и их поворота со сварочной или маршевой скоростями при различных углах наклона оси вращения. Для сборки и сварки малогабаритных изделий используют манипуляторы с ручным приводом, для крупногабаритных изделий - с электромеханическим приводом.

Для сборки и сварки цилиндрических изделий большого диаметра используют роликовые стенды.

1.6 Обоснование выбранных способов сварки

При обосновании выбора выбранных способов сварки необходимо учитывать следующие факторы:

- характер производства;
- производительность процесса, качество и целесообразность выбранного способа сварки;
- химический состав и физико-химические свойства металла;
- толщину металла, протяженность сварных швов;
- назначение и условия работы конструкции;
- требования, предъявляемые к сварным соединениям (характер нагрузок, температурный режим и др.);
- стоимость сварочных материалов;
- конфигурацию, положение швов.

При выборе способа сварки путем сравнения известных и новых способов сварки предпочтение следует отдать тому, который обеспечивает данные условия эксплуатации:

- высокую производительность;
- высокое качество, надежность и работоспособность сварных соединений;
- упрощение технологии;
- улучшение условий труда.

Выбирая способ сварки для проектируемой конструкции, необходимо предусмотреть несколько способов сварки, которые можно применить для данной конструкции. Сделать обоснования выбранного способа сварки с указанием его преимуществ по сравнению с другими способами, описать сущность способа сварки, особенности технологии и технику сварки.

1.7 Выбор и обоснование выбора сварочных материалов

Выбор сварочных материалов выполняется в соответствии с выбранными способами сварки.

Общие принципы выбора сварочных материалов характеризуются следующими основными условиями:

- обеспечение необходимой эксплуатационной прочности сварного соединения, то есть определенного уровня механических свойств металла шва с основным металлом;

- обеспечение необходимой сплошности металла шва (без пор и шлаковых включений или с минимальными размерами и количеством указанных дефектов на единицу длины шва);
- отсутствие горячих и холодных трещин, то есть получение металла шва с достаточной технологической прочностью;
- получение комплекса специальных свойств металла шва (жаропрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости).

После обоснования выбора сварочных материалов для принятых в дипломном проекте способов сварки необходимо привести в форме таблиц химический состав этих материалов, а также механические свойства и химический состав наплавленного металла.

1.8 Расчет режимов сварки (по всем видам, которые применяются в проекте)

Режимом сварки называют совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, форм и качества. При механизированных способах сварки добавляется еще один параметр – скорость подачи сварочной проволоки, а при сварке в защитных газах – удельный расход защитного газа.

1.8.1 Методика расчета режимов ручной дуговой сварки

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются диаметр электрода, величина сварочного тока, напряжение на дуге, скорость сварки, род тока и полярность [3, с 209].

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей при сварке согласно таблицы 1, и катета шва при сварке угловых, тавровых и внахлест соединений по таблице 2.

Таблица 1 - Зависимость диаметра электрода от толщины металла

Толщина металла S, мм	1-2	3	4-5	6-12	13и>
Диаметр электрода d _{эл.} , мм	1,5-2	3	3-4	4-5	5и>

Таблица 2- Зависимость диаметра электрода от катета шва

Катет шва K, мм	3,0	4,0-5,0	6,0-9,0
Диаметр электроду d _{эл.} , мм	3,0	4,0	5,0

Сварочный ток определяют по двум формулам в зависимости от:

- коэффициента K от диаметра электрода;
- плотности тока j от диаметра и вида покрытия электрода .

Сварочный ток определяется в зависимости от выбранного диаметра электрода по формула

$$I_{св} = K * d_{эл} ,$$

где K - коэффициент, значение которого устанавливается в зависимости от диаметра электрода, А/мм и определяется по таблице3.

Таблица 3 - Зависимость коэффициента K от диаметра электрода

Диаметр электрода d _{эл.} , мм	1,0-2,0	2,0-4,0	4,0-6,0
Коэффициент K, А/мм	25-330	30-40	40-60

Расчет силы сварочного тока I_{св} при ручной сварке избирается по диаметру электрода и плотности тока по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi * d^2}{4} * j, A,$$

где j - плотность тока, допускается, А/мм².

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А,

d - диаметр электрода, мм

Величина плотности тока (в А / мм²), в электроде при ручной дуговой сварке зависит от диаметра электрода и вида покрытия выбирается по таблице 4.

Таблица 4 - Плотность тока допускается и зависит от диаметра и вида покрытия

Вид покрытия	Диаметр электрода, мм			
	3	4	5	6
Кислое, рутиловое	14-20	11,5-16	10-13,5	9,5-12,5
Основное	13-18,5	10-14,5	9-12,5	8,5-12,0

Напряжение на дуге не регламентируется и принимается в пределах 20 - 36В, то есть $U = 20 \div 36В$ и рассчитывается по формуле

$$U_{д} = 12 + 0,4 I_{св} / d_{эл}$$

Скорость сварки определяют по формуле

$$V_{св} = I_{св} \alpha_n / (F_n \rho),$$

где α_n - коэффициент наплавки, выбирается в зависимости от марки электрода;

F_n - площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

ρ - плотность наплавленного металла, 7,85 г/см³

Площадь поперечного сечения наплавленного металла сварного шва определяется в зависимости от внешнего вида и формы подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 5264-80.

Длина дуги при ручной дуговой сварке $L_{д}$ должна составить:

$$L_{д} = (0,5 \div 1,2) d_{эл}, \text{ мм}$$

1.8.2 Методика расчета режимов автоматической сварки под слоем флюса

Сварочный ток рассчитываем по формуле, что в среднем каждые 80-100 А дают глубину провара 1мм.,

$$I_{св} = (80-100)h$$

где h - глубина провара одностороннего стыкового однопроходного шва, мм.

Для однопроходного шва

$$H = (0,7-0,8)S$$

При двустороннем шве глубина провара шва с двух сторон

$$h_1 + h_2 = S/2 + K,$$

где h_1 - глубина провара с одной стороны двустороннего сварного шва, мм;

h_2 - глубина провара с второй стороны двустороннего сварного шва, мм.;

S - толщина свариваемого металла, мм;

K - перекрой, то есть величина, на которую может переплавляться корень первого шва при наложении шва с обратной стороны.

Обычно $K = 1-3$ мм.

Для односторонних швов с полным проваром

$$h = 1,1 * S$$

Находим ориентировочный диаметр сварочной проволоки в зависимости от толщины свариваемого металла

Таблица 5 - Зависимость диаметра сварочной проволоки от толщины свариваемого металла

Толщина свариваемого металла S, мм	2-4	6-8	8-10	Более 10 мм
Диаметр сварочной проволоки, dэл, мм	2-3	3-4	4	5

Определяем диаметр сварочной проволоки по формуле

$$d_{эл} = 2 \sqrt{I_{св} / (\pi \cdot j)}$$

где j - плотность тока, А/мм²

Таблица 6 - Зависимость плотности тока от диаметра сварочной проволоки

Диаметр сварочной проволоки, dэл, мм	2	3	4	5
Плотность тока, А/мм	62-200	45-90	35-60	30-50

Напряжение на дуге определяем по формуле

$$U_d = 20 + 50 \cdot 10^{-3} I_{св} / \sqrt{d_{эл}}$$

Определяем коэффициент формы провара по формуле.

Зная $\psi_{пр}$, определяем ширину шва (по графику [2. с.245].)

$$e = \psi_{пр} h$$

Зная, что коэффициент формы валика

$$\Psi_B = e/g = (5-8)$$

Находим выпуклость сварного шва

$$g = e / \Psi_B$$

Определяем площадь сечения наплавленного металла. Для одностороннего шва

$$F_H = 0,75eg + bh$$

Для двустороннего шва

$$F_H = (1,5eg + bh)/2$$

Определяем скорость перемещения дуги, то есть скорость сварки по формуле

$$V_{св} = \alpha_H \cdot I_{св} / F_H \cdot \rho$$

При сварке постоянным током обратной полярности коэффициент наплавки

$$\alpha_H = 11,6 + 0,4 \quad \text{г/А ч}$$

При сварке на постоянном токе прямой полярности

$$\alpha_H = 2,3 + 0,065 I_{св} / d_{эл} \quad \text{г/А ч}$$

При сварке на переменном токе

$$\alpha_H = 7,0 + 0,04 I_{св} / d_{эл} \quad \text{г/А ч}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки

$$V_{п.пр} = (V_{св} \cdot F_H) / F_{эл} = 4\alpha_H \cdot I_{св} / \pi d_{эл}^2 \rho$$

1.8.3 Расчет режимов сварки в среде углекислого газа

Основными параметрами режима сварки в углеродном газе [3, с.277] есть: диаметр сварочной проволоки, сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, скорость подачи сварочной проволоки, затрата углеродного газа. Расчет режимов выполняем за литературой [17, с. 3].

За чертежом общего вида конструкции, которая сваривается, определяем толщину металла, который сваривается, или катет шва.

Таблица 7 - Зависимость диаметра сварочной проволоки от толщины (катета) деталей

Толщина (катет), мм	1,0-2,0	3,0-4,0	5,0-8,0	9,0-12,0	13,0-18,0
Диаметр сварочной проволоки d эл, мм	0,8-1	1-1,2	1,4-1,6	2,0-2,0	2,5-3,0

Диаметр сварочной проволоки для автоматической сварки может быть в интервале 0,8-3,0 мм и выше. Для полуавтоматической сварки сплошной проволокой 0,8-2,0 мм, а порошковой 0,8-3 мм. Вылет сварочной проволоки определяем за формулой

$$l_{эл} = 10 d_{эл}$$

Рассчитываем сварочный ток за формулой

$$I_{св} = \frac{\pi * d^2}{4} * j, A,$$

где j - плотность тока, допускается, А/мм².

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А,

d – диаметр сварочной проволоки, мм

Таблица 8 - Зависимость плотности тока от диаметра сварочной проволоки

Диаметр сварочной проволоки $d_{эл}$, мм	1,0; 1,2	1,4; 1,6	2,0	2,5; 3,0
Плотность тока j , А/мм ²	140-200	120-180	100-140	80-100

Для повышения стойкости горения дуги в защитных газах рекомендуется выбрать значение плотности тока ближе к верхнему пределу диапазона, который допускается, на данный диаметр сварочной проволоки

$$U = 15 + 50 * 10^{-3} * I_{св} / \sqrt{d_{эл}}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки за формулой

$$v_{п. др.} = (v_{зв.} F_n) / F_{эл} = 4 \alpha_n I_{св} / (0,9 \pi d^2 \rho)$$

где 0,9 - коэффициент, который учитывает потери на угар и разбрызгивание

Коэффициент наплавки определяется за формулой

$$\alpha_n = 0,9 \alpha P = 2,7 + 0,07$$

Скорость сварки определяют по формуле

$$V_{св.} = I_{св} \alpha_n / (F_n \rho),$$

где α_n - коэффициент наплавки, выбирается в зависимости от марки сварочной проволоки;

F_n - площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

ρ - плотность наплавленного металла, 7,85 г/см³

Площадь поперечного пересечения наплавленного металла определяется в зависимости от вида сварного шва и формы подготовки кромок за ГОСТ 14771-76. Затрата защитного газа складывает 6-20 л/мин. и зависит от вида сварного соединения и диаметра сварочного провода.

Литература [3], [16].

1.9 Выбор сварочного оборудования и вспомогательного технологического оснащения

Выбор сварочного оборудования производится в соответствии с принятыми способами сварки и с учетом обеспечения заданных режимов сварки.

Основными критериями для выбора рациональных типов оборудования служат:

- техническая характеристика, наиболее отвечающая принятым в разрабатываемом техпроцессе режимам сварки;
- наибольшая эксплуатационная надежность и простота оборудования;
- наибольший коэффициент полезного действия и наименьшее потребление энергии при работе;
- наименьшие габариты, обуславливающие минимальную площадь для размещения;
- наименьшая масса и минимальная стоимость.

Для подбора рациональных современных типов оборудования, соответствующих перечисленным признакам, следует пользоваться данными новейшей справочной и информационной литературы, проспектами и каталогами-справочниками, в которых приводятся описания, технические характеристики и стоимость сварочного оборудования. Для каждой технологической операции сварки необходимо указать, на каком сварочном оборудовании будет выполняться данная операция, при этом описание принятого сварочного оборудования, его назначение, модель, основные узлы, принцип работы и настройки на заданный режим и технические данные должны быть приведены в форме таблицы.

При выборе источников питания необходимо учесть их технико-экономические показатели и эксплуатационные качества, преимущества относительно других источников.

Для питания дуги переменного тока применяют сварочные трансформаторы, для питания дуги постоянного тока - сварочные выпрямители с жесткими, падающими или универсальными характеристиками. Необходимо выбрать марку источника питания и в таблице привести его техническую характеристику

В качестве вспомогательного механического оборудования в сборочно-сварочном производстве используют:

1. подъемно-транспортное оборудование: электротали грузоподъемностью 1т, универсальные краны, специальные краны;
2. транспортирующие устройства: аккумуляторные электротележки, электропогрузчики, рельсовые тележки, конвейеры;
3. оборудование для установки свариваемых деталей: неповоротное оборудование (неповоротный стол сварщика, стеллаж, плиты); поворотное оборудование (манипулятор, вращатель, кантователь, роликовые стенды);
4. оборудование для установки сварочных аппаратов: колонны для сварочных автоматов, колонны для сварочных полуавтоматов, тележки для перемещения сварочных автоматов (велосипедная, гусеничная, портальная);
5. оборудование для перемещения сварщиков: подъемные площадки, подъемно-выдвижные площадки;
6. устройство для уплотнения швов: металлические подкладки, съемные, остающиеся;
7. устройство для очистки швов после сварки.

В зависимости от сложности конструкции и серийности производства необходимо выбрать наиболее механизированное вспомогательное оборудование. В записке приводят описание выбранного оборудования и его технические характеристики.

Выбор установки для сварки осуществляется в зависимости от конструкции изделия, технологии сварки.

Сварочные установки должны обеспечивать:

- удобство выполнения сварочных работ;
- уменьшение или вообще избежать деформации;
- свободное снятие сварной конструкции.

Необходимо описать установку для сварки, сделать рисунки, отметить технические характеристики и принципы работы.

Если по проекту выбрана роботизированная система или робот, то их обоснования и характеристика приводятся по паспортным данным.

Литература [6],[7],[9],[10],[11],[12], [19], [20], [21].

Выбор подъемно-транспортных средств

В этом пункте следует описать назначение подъемно-транспортных средств в сварочном производстве, выбрать необходимое и привести его техническую характеристику

Литература [19], [22], [23].

1.10 Расчет затрат сварочных материалов и электроэнергии на изготовление конструкции

Норма расхода сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки) на изделие определяют по формуле:

$$N_e = G_{\Sigma} * L_{ш}, \text{ кг}$$

где N_e – норма расхода сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки), кг

G_{Σ} – удельная норма расхода сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки) на 1 м шва, кг/м

$L_{ш}$ - длина шва, м

Удельная норма расхода сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки) на 1 м шва определяется по формуле:

$$G_{\Sigma} = K_p * m_n, \text{ кг/м}$$

где G_{Σ} – удельная норма расхода сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки) на 1 м шва, кг/м

m_n – масса наплавленного металла на 1 м шва, кг

K_p – коэффициент, учитывающий потери на разбрызгивание, угар и т.п.

Его значение выбирается в зависимости от типа и марки сварочных материалов и способа сварки. Значения коэффициентов, учитывающих расходы на разбрызгивание приведены ниже:

$K_p = 1,4-1,8$ – для ручной дуговой сварки плавлением

$K_p = 1,05$ – для полуавтоматической сварки в среде защитных газов

$K_p = 1,02$ – для автоматической сварки

Масса наплавленного металла на 1 м шва определяется по формуле:

$$m_n = \gamma * F_n * 10^{-3}, \text{ кг}$$

где γ – плотность наплавленного металла 7,8 г/см³

F_n – площадь наплавленного металла, мм²

Площадь наплавленного металла рассчитывается для каждого вида соединения отдельно.

Расчет расхода флюса

Расчет расхода флюса на изготовление конструкции определяется по затратам сварочной проволоки на изделие, согласно формуле.

$$N_f = K_f * N_e, \text{ кг}$$

где N_e – норма расхода сварочной проволоки, кг

N_f – норма расхода флюса, кг

K_f – коэффициент отношения массы использованного флюса к массе сварочной проволоки в зависимости от типа сварного соединения и средства сварки, определяется по таблице 9.

Таблица 9 - Коэффициент отношения массы использованного флюса к массе сварочной проволоки

вид сварки	Швы стыковых и угловых соединений		Швы тавровых соединений без скоса кромок
	без скоса кромок, с отбортовкой	Без скоса кромок	
Автоматическая сварка	1,3	1,2	1,1
Полуавтоматическая сварка	1,4	1,3	1,2

Расчет расхода электроэнергии

Расчет расхода электроэнергии на 1 кг наплавленного металла определяется по формуле:

$$Q = \frac{U_d}{\alpha_n * \eta * k_u} * H_{\text{э}}$$

где:

$Q_{\text{э}}$ – расход электроэнергии на изделие, кВтч/кг;

$H_{\text{н}}$ - норма расход сварочных материалов на сварку изделия, кг

U_d – напряжение на дуге, В;

Напряжение дуги определяется технологией сварки:

- для ручной дуговой сварки находится в пределах 18-36 В в зависимости от силы сварочного тока;
 - для полуавтоматической и автоматической сварки находится в пределах 27-45 В.
- η – коэффициент полезного действия сварочного оборудования, указанные в паспорте на это оборудование.

Для приближенных расчетов эти коэффициенты принимаются:

0,6-0,7 для сварочных преобразователей;

0,7-0,8 для сварочных выпрямителей;

0,8-0,9 для сварочных трансформаторов.

$K_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий время горения дуги (работы сварочного оборудования), в общем времени сварки, зависит от типа производства и для приближенных расчетов принимается:

0,35-0,75 – для ручной дуговой сварки;

0,3-0,7 – для полуавтоматической сварки;

0,25-0,65 – для автоматической сварки;

0,10-0,25 – для электрошлаковой сварки.

Нижнее значения этих коэффициентов устанавливаются для единичного и мелкосерийного производства, а верхнее значение для крупно серийного и массового производства.

Расчет расхода защитного газа

Расчет расхода защитного газа (аргона, углекислого газа) на изделие в общем виде определяется по формуле:

$$H_{\text{г}} = Q_{\text{г}} * L_{\text{ш}} + Q_{\text{доп.}}$$

где $H_{\text{г}}$ – норма расхода защитного газа;

$L_{\text{ш}}$ – длина сварного шва;

$Q_{\text{доп.}}$ – дополнительный расход защитного газа на подготовительно-заключительные операции; подведение газовых коммуникаций, защиту вольфрамового электрода от окисления после окончания сварки настройки режимов сварки и т.д.

Q_r – удельная норма расхода защитного газа на 1 м шва типоразмера, л

Таблица 10 - Удельная норма расхода защитного газа на 1 м шва и дополнительный расход защитного газа

Толщина металла, мм	Расходы углекислого газа на 1 м шва в литрах при скорости м/ч									дополнительный расход защитного газа на подготовительные операции
	4	6	10	15	20	25	30	35	40	
3	-	-	72	48	36	29	24	20	18	0,6
4-5	-	140	84	56	42	34	28	24	21	0,7
6-8	240	160	96	64	48	38	32	27	24	0,8
10-12	270	180	108	72	54	43	36	31	27	0,9
14-16	300	200	120	80	60	48	40	34	30	1,0
18-20 и больше	330	220	132	88	66	53	44	37	33	1,1

Рассчитанный расход сварочных материалов и электроэнергии сводится в таблицу 11

Таблица 11 - Расход сварочных материалов и электроэнергии

Электродов типа _____, марки _____ для прихватки, кг	
Сварочная проволока Св-_____ для п/а сварки, кг	
Сварочная проволока Св-_____ для авт. сварки, кг	
Защитного газа, л	
Электроэнергии, кВт	
- для ручной дуговой сварки	
- для полуавтоматической сварки	
- для автоматической сварки	

Литература:[1];[9];[10];[22].

1.11 Анализ технологичности, проектируемого изделия

Следует рассмотреть прямые и косвенные признаки технологичности сварной конструкции, выполнить расчет показателя (m). Под технологичностью конструкции понимают такие ее формы, размеры и материалы, которые обеспечивают высокие эксплуатационные качества конструкции при экономическом ее изготовлении. Технологичность сварных конструкций должна обеспечиваться на всех стадиях проектирования и изготовления.

Показателями технологичности есть косвенные признаки:

- возможность применения совершенных методов заготовки деталей;
- рациональная форма подготовки кромок;
- возможность применения поузловой сборки и сварки деталей;
- возможность применения автоматизированных и роботизированных способов сварки;
- комплексная механизация и автоматизация сборочно-сварочных процессов;
- снижение металлоемкости, энергоемкости и себестоимости конструкции;
- снижение деформаций отдельных узлов и всего изделия и способы их уменьшения;
- возможность применения совершенных методов контроля качества сварных соединений;
- степень использования стандартных узлов.

Прямой признак технологичности - судьба наплавленного металла в общей массе конструкции.

Расчет технологичности выполняется по формуле

$$m = Q_H / Q_K * 100\%$$

где m - показатель доли наплавленного металла в общей массе металлоконструкции;

Q_H - масса наплавленного металла, кг;

Q_K - масса сварной металлоконструкции (обычно указывается на чертеже).

Конструкция считается технологической, если m составляет $< 2\%$.

С повышением уровня механизации сварочных процессов величина этого показателя уменьшается за счет уменьшения массы наплавленного металла при механизированных способах сварки.

Сварные конструкции технологические по сравнению с аналогичными клепаными, литыми и другими конструкциями.

По чертежу или эскизу выбираются все швы сварных соединений, определяется общая масса наплавленного металла различных швов по формуле:

$$Q_H = \sum Q_{HI}$$

Масса наплавленного металла на 1 м шва берется по удельным нормативам или определяется по формуле

$$m_H = \frac{F_H \cdot \gamma}{1000}, \text{ кг}$$

где F_H - площадь поперечного сечения шва, определяется по размерам, указанным в ГОСТ на сварные швы, мм²;

γ - плотность стали, г/см³.

После расчета необходимо данные свести в таблицу 12

Таблица 12- Таблица технологичности

№ шва по эскизу	Сокращенное обозначение типа соединения шва	ГОСТ метода сварки	Масса наплавленного металла на 1м шва, кг / м	Длина шва, м	Q _H , кг	Примечание

Литература:[2];[9];[10];[22].

1.12 Расчет норм времени сборочно-сварочных операций

Техническое нормирование, заключительный этап проектирования технологии изготовления сварной конструкции.

Исходными данными для нормирования сборки и сварки являются:

- чертежи общего вида изделия со спецификацией;
- схема сборки и сварки с указанием сварных соединений и швов;
- таблица длин швов и прихваток;
- стандарт способа сварки.

Целью технического нормирования является установление технически обоснованных норм времени на сборочно-сварочные операции.

Норма времени ($H_{вр}$) сборочно-сварочных работ состоит из:

- $T_{\text{опер}}$ - оперативного времени, которое состоит из основного времени ($T_{\text{осн}}$) и вспомогательного времени (дополнительного) ($T_{\text{всп}}$),

$$T_{\text{опер}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}}, \text{ мин}$$

- $T_{\text{обсл.отд}}$ - время на обслуживание, отдых и естественные надобности;
- $T_{\text{пз}}$ - время на подготовительно-заключительные операции

$$N_{\text{вр}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{обсл.отд}} + T_{\text{пз}}, \text{ мин.}$$

$$N_{\text{вр}} = (T_{\text{опер}} + T_{\text{обсл.отд}} + T_{\text{пз}}) / 60, \text{ час}$$

Порядок расчета нормы времени сборочно-сварочных работ

1. В соответствии со схемой сборки определить порядок выполнения сборочных операций и выбрать нормативы на сборку по [Л.23 нормативам времени на составление под сварку Краматорск 1979]
2. Согласно схеме сварки определить порядок выполнения сварочных операций и выбрать нормативы на сварку по [Л. 24 Искусственно-калькуляционный время на 1пог.м шва для (малоуглеродистых и низколегированных сталей) Краматорск 1979].
3. Определить основное ($T_{\text{осн}}$) и вспомогательное ($T_{\text{доп}}$) время по каждому из видов работ. Расчеты занести в таблицу.
4. Определить оперативное время ($T_{\text{опер}}$) по каждому виду работ и Расчеты занести в таблицу.
5. Рассчитать время на подготовительно заключительные операции ($T_{\text{пз}}$) и время на обслуживание, отдых и естественные надобности ($T_{\text{обсл, отв}}$)
6. Находим общую норму времени ($N_{\text{вр}}$) на каждый вид работ по формуле:

$$N_{\text{вр}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{обсл.отд}} + T_{\text{пз}}$$

$$N_{\text{св.авт}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{обсл.отд}} + T_{\text{пз}}$$

$$N_{\text{св.п/а}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{обсл.отд}} + T_{\text{пз}}$$

7. Находим общую норму времени на изготовление одного изделия

$$N_{\text{вр}} = N_{\text{сб}} + N_{\text{св.авт}} + N_{\text{св.п/а}}, \text{ мин}$$

$$N_{\text{вр}} = (N_{\text{сб}} + N_{\text{св.авт}} + N_{\text{св.п/а}}) / 60, \text{ час}$$

Порядок выполнения нормирования

1. Перемещение деталей изделия из заготовительного цеха к сборочному приспособлению. Расстояние от заготовительного цеха к сборочному приспособлению принимаем 20м. Перемещение деталей осуществляется краном, грузоподъемность которого зависит от веса изделия. Вспомогательное время ($T_{\text{в.сб}}$) на перемещение выбирается по [Л.1 нормативам времени под сварку Краматорск 1979 с. 124-126 карт 39-41].

$T_{\text{в.сб}}$ = нормы времени, мин

2. Зачистка поверхности кромок перед сборкой. Норматив выбирается в зависимости от ширины зачищаемой поверхности (B), которая составляет трех кратную толщину металла $B = S \cdot 3$. Если детали выполнены из разной толщины металла, то берем среднюю толщину металла.

Например: $S=6\text{мм}, S=10\text{мм}, S=20\text{мм}.$

$$S = 6 + 10 + 20 / 3 = 12\text{мм}$$

Средняя длина шва ($L_{\text{ш.ср}}$) определяется как частное от деления общей длины швов ($L_{\text{ш.общ}}$) в метрах на общее количество швов в штуках ($N_{\text{швов}}$).

Например: общая длина швов в метрах $L_{\text{ш.общ}}$ - 13,5м

общее количество швов в штуках $N_{\text{швов}}$ - 5 шт.

$$L_{\text{ш.ср}} = L_{\text{ш.общ}} / N_{\text{швов}} = 13,5 / 5 = 2,7\text{м}$$

Зачистка поверхности кромок перед составлением выполняется следующим оборудованием: ручной шлифовальной машинкой, стационарным или маятниковым точилом.

Вспомогательное время на зачистку (Тв.сб) выбирается по нормативам [Л.1 стр.150-151 карта 56].

$$\text{Тв.сб} = \text{норма времени} * \text{L ш.общ, мин.}$$

3. Норматив на основное время сборки (Тосн.сб) узлов (под узлов, изделия) зависит от количества сборочных деталей (в узле, подузле или комплекте) их веса и выбирается по нормативам [Л.1 по картам 15-36].

Примечание: выбранный норматив необходимо перевести в минуты. (То есть умножить на 60)

$$\text{Тосн.сб} = \text{норма часу} * 60, \text{ мин}$$

4. Норматив на основное время сварки зависит

- от выбранного способа сварки;
- меры его механизации;
- вида применяемого соединения при сварке.

При автоматической сварке норму основного времени (Тосн.св.) для этого типа соединения определяем по нормативам полуавтоматической сварки [Л.24 Штучно-калькуляционный время на 1пог.м шва для (малоуглеродистых и низколегированных сталей) Краматорск 1979]. Эту норму времени делим на 3, поскольку скорость сварки и производительность автоматической сварки в 3 раза выше, чем полуавтоматической сварки.

$$\text{Тосн.св.авт} = \text{норма времени}/3 * \text{Лш, мин}$$

$$\text{Тосн.св.п/а} = \text{норма времени} * \text{Лш, мин}$$

Примечание: расчет основного времени на сборку и сварку ведется отдельно для всех узлов, подузлов и комплектов входящих в изделия.

5. Вспомогательное время на зачистку швов после сварки (Тв.св.) выбирается по нормативам для каждого вида соединения и способа сварки по литературе [Л. 23 з 152-153 карта 56-57].

$$\text{Тзач.в.св.} = \text{норма времени} * \text{Лш, мин}$$

Зачистка поверхности швов после сварки производится с применением следующего оборудования: зубило, молоток, пневмо-зубило, пневмомашинка с наждачным кругом.

6. Время на подготовительно-заключительные операции при сборке (Тпз.сб) составляет 3% от оперативного времени (Топер.сб).

$$\text{Тпз} = 0,03 * \text{Топер.сб, мин}$$

Время на обслуживание, отдых и естественные надобности (Тобсл, отд.сб) при сборке уже включено в штучно-калькуляционное время, поэтому оно не выбирается.

Время на обслуживание, отдых и естественные надобности (Тобсл, отд.св) при сварке составляет 21% от оперативного времени.

$$\text{Тобсл.отд} = 0,21 * \text{Топер, мин}$$

Время на подготовительно-заключительные операции (Тпз.зв) при сварке составляет 4% от оперативного времени (Топер.св).

$$\text{Тпз.св} = 0,04 * \text{Топер.св, мин}$$

7. Полученные данные о операциях суммируются:
Суммируется основное время на сборку и сварку (авт., п/а)

$$\text{Тосн.сб.} = \text{Тосн.сб1} + \text{Тосн.сб2} + \dots + \text{Тосн.сб4, мин}$$

$$T_{\text{осн.св.авт}} = T_{\text{осн.св1.авт}} + T_{\text{осн.св2.авт}} + \dots + T_{\text{осн.св4.авт}}, \text{ МИН}$$

$$T_{\text{осн.св.п/а}} = T_{\text{осн.св1.п/а}} + T_{\text{осн.св2.п/а}} + \dots + T_{\text{осн.св4.п/а}}, \text{ МИН}$$

Суммируется вспомогательное время на сборку и сварку (авт., п/а)

$$T_{\text{всп.сб.}} = T_{\text{всп.сб1}} + T_{\text{всп.сб2}} + \dots + T_{\text{всп.сб4}}, \text{ МИН}$$

$$T_{\text{всп.св.авт}} = T_{\text{всп.св1.авт}} + T_{\text{всп.св2.авт}} + \dots + T_{\text{всп.св4.авт}}, \text{ МИН}$$

$$T_{\text{всп.св.п/а}} = T_{\text{всп.св1.п/а}} + T_{\text{всп.св2.п/а}} + \dots + T_{\text{всп.св4.п/а}}, \text{ МИН.}$$

Полученные данные заносятся в общую таблицу норм времени на изготовление одного изделия

Таблица 13 – Нормы времени на изготовление одного изделия

Вид работы	T _{осн} , МИН	T _{доп} , МИН	T _{опер} , МИН T _{осн} +T _{доп}	T _{обсл} , отд, МИН	T _{пз} , МИН	H _{вр} , ч H _{вр} =T _{опер} +T _{обсл.отд} +T _{пз}
Сборка				-	3% T _{опер}	H _{вр.сб} =T _{опер} +T _{обсл.отд} +T _{пз}
Сварка авт.				21% T _{опер}	4% T _{опер}	H _{вр.св.авт} =T _{опер} +T _{обсл.отд} +T _{пз}
Сварка п/а				21% T _{опер}	4% T _{опер}	H _{вр.св.п/а} =T _{опер} +T _{обсл.отд} +T _{пз}

Литература:[23];[24].

1.13 Способы предотвращения деформаций и уменьшения остаточных напряжений

Указать конкретные меры по предупреждению деформаций и напряжений при сварке проектируемой сборочной единицы или конструкции, обратив при этом внимание на способы закрепления свариваемого изделия, сборочной единицы в приспособлении, равномерное или неравномерное нагрев.

Правильно разработать последовательность выполнения сборочно-сварочных операций, выбрать рациональную форму подготовки кромок, способ сварки, режимы сварки, вид термической обработки после сварки (если он нужен), то есть технически грамотно разработать технологический процесс сборки и сварки.

Сварка, как и другие процессы обработки металлов вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

Собственными напряжениями называют напряжения, которые возникают в изделии без приложения внешних сил.

Поэтому, в самый начальный период создания сварных конструкций при их проектировании необходимо учитывать возможность появления в них значительных остаточных деформаций и напряжений, которые могут изменить проектные формы и размеры. В тех случаях, когда изменения размеров конструкции выходят за пределы допустимых, необходимо использовать специальные меры по предупреждению или уменьшению остаточных сварочных напряжений и деформаций.

Меры по уменьшению деформаций от сварки предусматриваются на всех этапах проектирования и изготовления большинства сварных конструкций.

На стадии разработки проекта принимают следующие конструктивные решения:

Ограничивать количество наплавленного металла уменьшением катету шва (для угловых швов) или угла скоса кромок (для стыковых швов), назначая оптимальную величину сечения сварного шва, учитывая расчеты на прочность. В процессе сварки величину сечения сварного шва не увеличивать.

Не допускать пересечения сварных швов.

Не размещать сварные швы там, где действуют максимальные напряжения от внешних нагрузок.

При разработке технологии и выполнении сварки используют следующие мероприятия

Правильное составление деталей с учетом возможных деформаций. Для этого используют метод обратных деформаций, изображенный на рисунке 2. Зная, что шов после охлаждения, всегда сокращается в размерах, можно заранее предсказать характер возможных угловых деформаций и создать предварительный изгиб свариваемых деталей в противоположную сторону. Величина обратного изгиба определяется путем расчетов или путем опыта.

При сборке деталей следует избегать прихваток, которые создают жесткое закрепление деталей и способствуют возникновению значительных остаточных напряжений. Лучше использовать сборочные приспособления, которые допускают некоторые перемещения деталей при усадке металла.

Рациональная последовательность выполнения сварных швов:

Сварные конструкции следует производить так, чтобы замыкая швы, которые создают жесткий контур, заваривались в последнюю очередь.

Швы средней длины и длинные швы заваривать **от середины к краям** или сварку выполняют **обратно - ступенчатым способом** показанного на рисунке 3.

При сварке толстого металла выполнения каждого слоя на проход нежелательно, так как это может привести к значительным деформациям, а также к образованию трещин в первых слоях. Поэтому заполнения разделки кромок при сварке толстого металла следует выполнять так, чтобы каждый последующий слой накладывался на еще не успев остыть предыдущий слой. Для этого необходимо обеспечить небольшой интервал времени между наложением отдельных слоев.

Это достигается использованием **каскадного метода** заполнения разделки **метода „горкой”** и **блочного метода**.

При сварке полотнищ (рисунок 4) из отдельных листов в первую очередь необходимо выполнять поперечные швы отдельных поясов, чтобы обеспечить их свободную усадку, а потом заваривать пояса между собой продольными швами. В противном случае возможно образование трещин в местах пересечения поперечных и продольных швов.

При сварке двутавровых балок в первую очередь выполняют стыковые соединения стенок и полок, а затем - угловые поясные швы.

При сварке цилиндрических емкостей из нескольких обечаек (рисунок 5) сначала выполняют сварки продольных швов обечаек, в последнюю очередь, обечайки сваривают между собой кольцевыми швами.

Используют способ уравнивания деформаций: в этом случае сварные швы выполняют в такой последовательности, при которой следующий шов вызывает деформации обратного направления по сравнению с деформациями от предыдущего шва (рисунок 6). Этот способ можно использовать при симметричном расположении сварных швов.

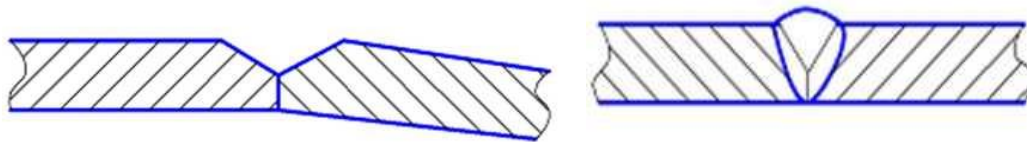


Рисунок 2 - Обратные деформации

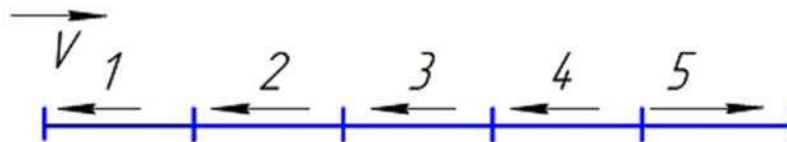


Рисунок 3- Обратно-ступенчатый способ сварки

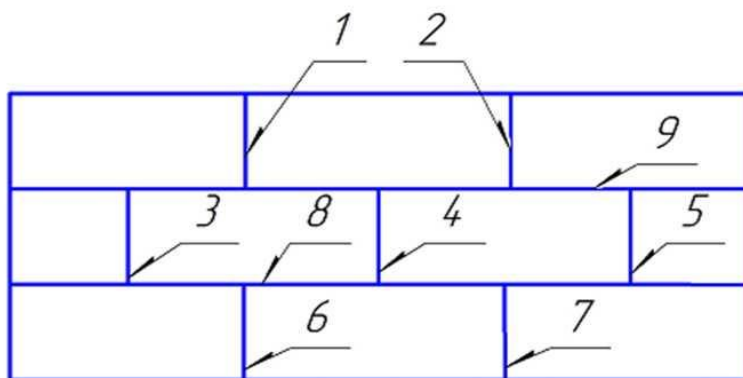


Рисунок 4 - Последовательность сварки швов полотнищ

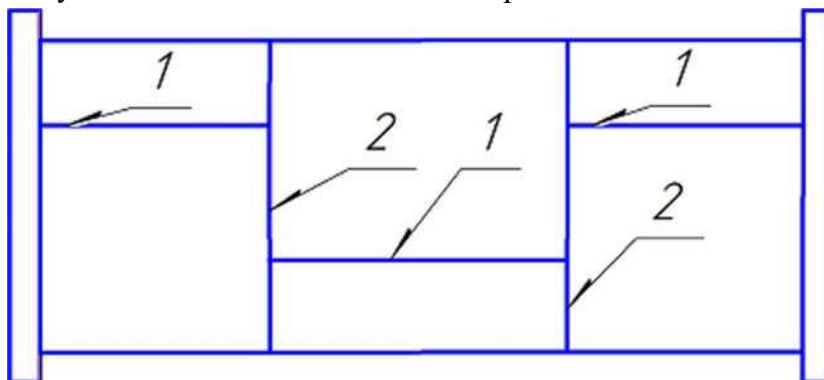


Рисунок 5- Последовательность сварки швов емкостей

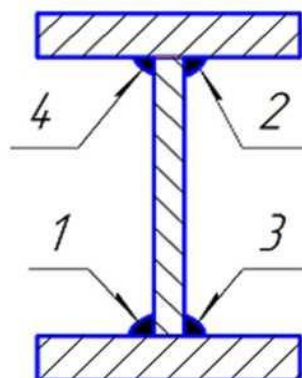


Рисунок 6 - Последовательность сварки поясных швов

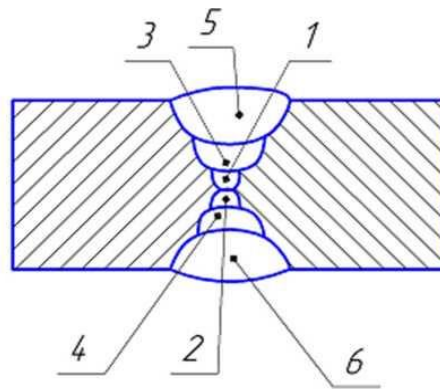


Рисунок 7- Последовательность многослойной сварки двусторонних швов
Литература: [1]; [3]; [14].

1.14 Выбор и обоснование методов контроля качества сварной конструкции

Контроль необходим для предупреждения появления дефектов в швах, выявления возможных дефектов в них, а также для определения качества готовых изделий. Контроль производят перед сваркой, в процессе его и после сварки изделия или узла.

Перед сваркой проверяют качество исходных материалов (защитных газов, электродов, флюсов, присадочной проволоки), правильность подготовки кромок и сборки изделий под сварку, исправность сварочного оборудования, газовых электрических приборов. Эту стадию называют предварительным контролем.

При сварке проверяют правильность выполнения отдельных операций, соблюдения режимов сварки и заданного порядка наложения швов. Систематически проверяют исправность оборудования и приборов. Эту стадию называют операционным контролем в процессе сварки.

После окончания сварки проверяют качество швов готового изделия. Эту стадию называют окончательным контролем сварных швов готового изделия.

Выбор методов окончательного контроля делают соответствии с техническими условиями на контроль и прием сварной конструкции.

Основными способами контроля сварных швов и готовых изделий являются:

- внешний осмотр и обмер;
- просвечивание рентгеновскими и γ -лучами;
- механические испытания и металлографические исследования контрольных образцов; испытания на устойчивость швов против межкристаллитной и общей коррозии; испытания на прочность и плотность сварных соединений и швов.

При назначении и выборе метода контроля необходимо учитывать:

- категорию ответственности соединений или изделий, связанную с условиями их эксплуатации;
- недопустимость дефектов, рассчитывается на основе анализа прочности и надежности соединений;
- допустимый уровень малозначительных дефектов, назначается, исходя из эксплуатационных и технологических условий

Обосновав выбор метода контроля, необходимо выложить его суть, технику контроля и выбрать оборудование для его осуществления.

Литература: [1]; [9].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники:

1. Блинов А.Н., К.В. Делик. Организация и производство сварочно-монтажных работ. М.:Стройиздат, 1988.
2. Блинов А.Н., К.В. Лялин. Сварные конструкции. М.: Стройиздат,1990.
3. Браткова О.Н.. Источники пияния сварочной дуги. М.: Высшая школа, 1982.
4. Брауде М.З.. Охрана труда при сварке в машиностроении. М.: Машиностроение, 1975.
5. Гитлевич А.Д., С.А. Этингоф. Автоматизация и механизация сварочного производства.М.: Машиностроение, 1979.
6. Гитлевич И.А.. альбом механического оборудования. К.: Техника, 1974.
7. Гуляев А.И.. Технология и оборудование контактной сварки. М.: Машиностроение, 1985.
8. Гуревич С.М.. Справочник по сварке цветных металлов. К.: Наукова думка, 1990.
9. Думов С.И.. Технология электрической сварки плавлением-3-еиздание перер. И допол. Л.: Машиностроение, 1987.
10. Думов С.И.. Технология электрической сварки плавлением. Л.: Машиностроение, 1987.
11. Контроль качества сварки. М.: Машиностроение, 1975.
12. Куркин С.А., В.а. Ховов, А.М. Рыбачук. Технология, автоматизация и автоматизация производства сварных конструкций.
13. Малышев В.Д.. Безопасность труда при выполнении сварных работ строительстве. М.: стройиздат, 1988.
14. Малышев Б.Д. Сварка и резка в промышленном строительстве,-3-е издан., перер. Дополн., М.: Стройиздат,1989.
15. Мандриков А.П.. Примеры расчета сварных конструкций. МС.: Стройиздат, 1991.
16. Мацохин С.Б.. Контроль качества сварных соединений и конструкций. Учебник для техникумов. –М,: Стройиздат, 1985.
17. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуроа В.А., Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформаций конструкции. Учебное пособие. –М. Высшая школа, 1982.
18. Нормативы сборки и сварки НКМЗ.
19. Прох Л.Ц.. Справочник по сварочному оборудованию. -2-е изд. Перераб. И дополн. –К. Техника, 1982.
20. Файбишенко В.К.. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1984.
21. Чвертко А.И.. Флюсовая аппаратура для автоматической и автоматизированной сварки. М.: Машиностроение, 1986.
22. Шебеко Л.П., А.И. Гитлевич, М.М. Брейтман. Экономика, организация и планирование сварочного производства. М.: Машиностроение, 1979.
23. Нормативы времени на сборку под сварку. Краматорск, 1979.
24. Штучно-калькуляционное время на 1пог.м шва (малоуглеродистых и низколегированных сталей). Краматрск, 1979.