

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор колледжа
_____ С.Н.Козлов

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА,
ЗАДАНИЯ НА ДОМАШНЮЮ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 5-04-0714-07 «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Автор: Рощина А.А., преподаватель первой квалификационной категории учреждения образования «Могилевский государственный политехнический колледж»

Рецензент: Луковская Е.О., преподаватель высшей квалификационной категории учреждения образования «Могилевский государственный политехнический колледж»

Разработано на основе учебной программы по учебному предмету профессионального компонента учебного плана учреждения образования по специальности 5-04-0714-07 «Техническая эксплуатация оборудования и технология сварочного производства», для реализации образовательной программы среднего специального образования, обеспечивающей получение квалификации специалиста со средним специальным образованием, утверждённой директором колледжа, 2024

Обсуждено и одобрено
на заседании цикловой комиссии
специальностей в области
сварочного производства
Протокол № ____ от ____
Председатель цикловой комиссии
_____ Ю.В.Селиванова

Пояснительная записка

Учебная программа учреждения образования по учебному предмету «Технология сварки плавлением» разработана на основе примерного тематического плана (приложение к примерному учебному плану по специальности, утвержденному постановлением Министерства образования 17.10.2022 №25).

Программой учебного предмета «Технология сварки плавлением» предусматривается изучение учащимися теоретических основ и технологии сварки плавлением материалов, применяемых в условиях современного сварочного производства.

Изучение программного материала должно проводиться с учетом современных перспектив развития сварочного производства на предприятиях Республики Беларусь, должно способствовать формированию научного мировоззрения, развитию самостоятельного решения конкретных, производственных, технологических и конструкторских задач на уровне современных требований науки и техники.

Учебной программой определены цели изучения каждой темы, спрогнозированы результаты их достижения в соответствии с уровнями усвоения учебного материала

В результате изучения учебного предмета «Технология сварки плавлением» учащиеся должны:

знать на уровне представления:

историю развития сварки, новейшие достижения науки и техники в области сварки плавлением;

современные способы сварки под флюсом;

высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки;

пути повышения производительности сварочных работ;

знать на уровне понимания:

основные виды и способы сварки плавлением;

сварные соединения и сварные швы;

основные источники нагрева металла при сварке;

тепловые металлургические процессы при сварке;

требования по охране труда при ведении тепловых процессов;

структуру и свойства применяемых сварочных материалов;

причины возникновения и меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями;

технологические характеристики основных способов сварки плавлением;

технологии сварки и наплавки различных видов сплавов, чугуна и цветных разновидностей термической резки;

требования Единой системы технологической документации в области сварки и сварочных материалов;

уметь:

выбирать способ сварки, подбирать сварочные материалы и рассчитывать

режим сварки;

разрабатывать или совершенствовать технологический процесс сварки.

Для закрепления теоретического материала и формирования у учащихся необходимых умений учебной программой предусмотрено проведение лабораторных работ.

При изучении предмета «Технология сварки плавлением» учащиеся заочного отделения специальности 5-04-0714-07 «Техническая эксплуатация оборудования и технология сварочного производства» в соответствии с учебным планом выполняют одну домашнюю контрольную работу.

Общие методические рекомендации по выполнению домашней контрольной работы

Поскольку в изучении учебного предмета лежит самостоятельная работа, цель данных методических рекомендаций – оказание помощи учащимся в максимальном освоении учебного материала и в выполнении домашней контрольной работы.

Для закрепления и углубления теоретических знаний учащихся программой предусмотрено проведение лабораторных работ.

При изучении учебного предмета рекомендуется соблюдать следующий порядок:

- ознакомиться с программой учебного предмета, список используемых источников;

- тщательно проработать материал каждой темы: основные вопросы законспектировать, решить задачи для закрепления учебного материала. Все вопросы, которые вызвали затруднение при самостоятельном изучении учебного предмета, следует записать и выяснить по другим литературным источникам, у специалистов на предприятии, у преподавателей колледжа на консультации;

- ознакомиться с технологическими процессами сварки плавлением на предприятии (по месту работы). Это позволит практически закрепить теоретический материал;

- используя методические рекомендации и примеры решения типовых задач, самостоятельно выполнить домашнюю контрольную работу.

Учебным планом предусмотрено выполнение домашней контрольной работы и сдача экзамена.

Вариант задания выбирается в соответствии с шифром учащегося по таблице вариантов. В домашней контрольной работе каждый вариант содержит два теоретических вопроса и три задачи. При написании домашней контрольной работы рекомендуется пользоваться литературой, указанной в списке источников.

Ответы на теоретические вопросы должны быть четкими по существу логически последовательными, желательно с примерами.

Решения задач должны иметь обязательное обоснование решения и выводы.

В конце домашней контрольной работы должен быть указан список используемых источников, оформленный в соответствии с ГОСТ.

Объем домашней контрольной работы – 12 листов школьной тетради.

Домашняя контрольная работа должна быть выполнена в тетради четким и разборчивым почерком, без исправлений. На каждой странице обязательны поля для замечаний рецензента. На обложке тетради указываются название учебного предмета, фамилия, инициалы учащегося, его группа и шифр.

Схемы, чертежи и рисунки рекомендуется чертить графитными карандашами непосредственно на страницах работы или на отдельных листах плотной писчей бумаги. В текстовой и графической части следует соблюдать единую терминологию и обозначения в полном соответствии с действующими ГОСТ. Все рисунки должны иметь номера и названия.

Работа предоставляется на заочное отделение в установленный учебным графиком срок.

Незачтенная работа должна быть исправлена и до начала лабораторно-экзаменационной сессии предоставлена на заочное отделение.

Критерии оценки домашней контрольной работы

Домашняя контрольная работа считается зачтенной при условии правильного выполнения 75% от общего объема задания. Допускаются несущественные ошибки в ответах на вопросы, незначительные нарушения в оформлении задач или работы.

Домашняя контрольная работа считается не зачтенной, если она выполнена не в соответствии с вариантом, или в неполном объеме (менее 75% от общего объема задания), т.е. если не решены две задачи или не раскрыты в полном объеме вопросы или не решена 1 задача и не раскрыты теоретические вопросы в полном объеме.

Программа учебного предмета и методические рекомендации по ее изучению

Введение.

Понятие о сварке плавлением. История развития сварки.

Новейшие достижения науки и техники в области сварки плавлением. Развитие сварки в Республике Беларусь и странах СНГ. Создание роботизированных технологических комплексов с использованием микропроцессорной и вычислительной техники. Задачи учебного предмета и ее связь с другими учебными предметами учебного плана.

Литература: [33], с.3-8

Методические рекомендации

Вначале следует изучить задачи учебного предмета и связь с другими учебными предметами учебного плана.

Далее следует ознакомиться с понятиями сварки и свариваемости, уяснить, какое значение имеет сварка плавлением на современном этапе, какова ее роль в деле ускорения научно-технического прогресса и совершенствования экономики.

Затем необходимо ознакомиться с достижениями науки и техники в области сварки плавлением и с развитием сварки в Республике Беларусь и странах СНГ, с созданием роботизированных технологических комплексов с использованием микропроцессорной и вычислительной техники.

Раздел 1 Классификация способов сварки и сварных соединений

Тема 1.1 Классификация способов сварки

Понятие сварки как процесса. Общие сведения о сварке плавлением, сварке давлением

Классификация сварки металлов согласно ГОСТ 19521-74 по физическим, техническим и технологическим признакам

Литература: [33], с.9-11

Методические рекомендации

Изучение темы рекомендуется начать с уяснения того, что представляет собой сварка как процесс.

После этого можно перейти к ознакомлению с классификацией сварки металлов согласно ГОСТ 19521-74 по физическим, техническим и технологическим признакам.

Закончить изучение темы можно ознакомлением с общими сведениями о сварке плавлением, сварке давлением.

Тема 1.2 Сущность основных видов и способов сварки плавлением

Характеристика основных видов сварки плавлением: ручной дуговой сварки, дуговой сваркой под флюсом, дуговой сварки в защитных газах, плазменной сварки, электрошлаковой сварки, электронно-лучевой сварки, сварки под водой, сварки в космосе

Специальные методы сварки плавлением: приварка шпилек к листу, сварка в узкий зазор, высокочастотная сварка плавлением

Технологические особенности проведения различных видов сварки, их назначение, область применения

Перспективы развития основных видов сварки плавлением

Литература: [30], с.15-24

Методические рекомендации

При изучении данной темы вначале следует повторить классификацию способов сварки плавлением, а далее начать характеризовать основные виды сварки плавлением: ручная дуговая сварка, дуговая сварка под флюсом, дуговая сварка в защитных газах, плазменная сварка, электрошлаковая сварка, электроннолучевая сварка, сварка под водой, сварка в космосе.

При изучении основных видов сварки плавлением рекомендуется остановиться на их сущности и схемах процесса.

Затем желательно ознакомиться со специальными методами сварки плавлением: приварка шпилек к листу, сварка в узкий зазор, высокочастотная сварка плавлением.

Заканчивая изучение темы, следует остановиться на технологической особенности проведения различных видов сварки,

их назначении, области применения, а так же обратить внимание на перспективы развития основных видов сварки плавлением.

Тема 1.3 Классификация сварных швов

Определение основных понятий, характеризующих элементы сварного соединения и шва

Классификация сварных швов. Стыковые и угловые сварные швы

Основные размеры и характеристики

Литература: [30], с.201-209; [32], с.6-9

Методические рекомендации

Изучая основные понятия, характеризующие элементы сварного соединения и шва, следует не только запомнить их наименование и классификацию, но и их основные размеры и характеристики, а также размеры и характеристики стыковых и угловых сварных швов. Этот материал рекомендуется занести в тетрадь в виде таблицы.

Тема 1.4 Классификация и обозначения сварных соединений

Классификация и обозначения сварных соединений. Типы сварных соединений – стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные. Подготовка кромок для различных типов сварных соединений. Обозначение сварных кромок для различных типов сварных соединений. Обозначение сварных соединений на чертежах. ГОСТ 2.312-72, СТБ 1016-96. Основные стандарты на сварные соединения

Методика определения расхода сварочных материалов для различных типов швов и способов сварки

Литература: [30], с.201-209; [32], с.20-29; [36], с.7-10

Методические рекомендации

Сварным швом называется закристаллизовавшийся металл, который в процессе сварки находился в расплавленном состоянии.

Сварным соединением называют ограниченный участок конструкции, содержащий один или несколько сварных швов.

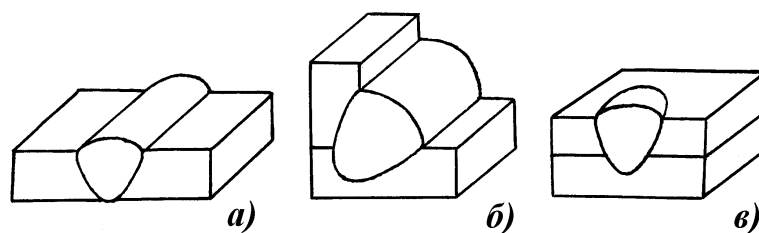


Рисунок 1.4.1 Типы сварных швов: а - стыковой; б - угловой;
в – прорезной

Сварные швы подразделяют по форме сечения (рисунок 1.4.1) на стыковые, угловые, прорезные (электрозаклепочные). Стыковые и угловые швы могут быть односторонними (рисунок 1.4.2, а, е) и двусторонними (рисунок 1.4.2, б, ж); выполняться с разделкой (рисунок 1.4.2, г, д, з) и без разделки кромок (рисунок 1.4.2, в). Прорезные швы могут выполняться с проплавлением верхнего листа или с предварительным его сверлением.

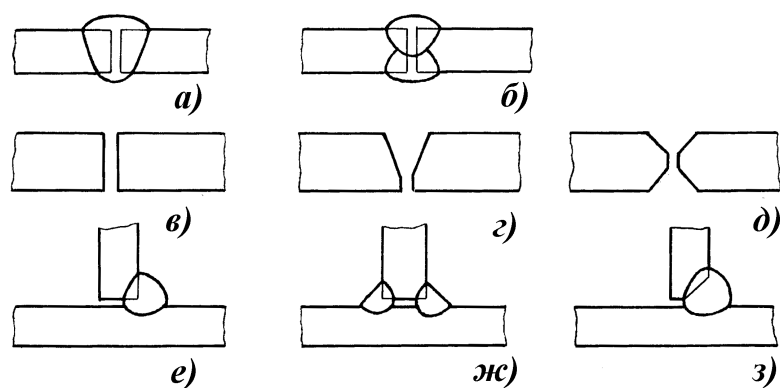


Рисунок 1.4.2 Подготовка кромок для выполнения сварных швов

Сварные соединения (рисунок 1.4.3) в зависимости от характера сопряжения свариваемых деталей могут быть стыковыми (рисунок 1.4.3, а), нахлесточными (рисунок 1.4.3, б), угловыми (рисунок 1.4.3, в), тавровыми (рисунок 1.4.3, г). Например, на рисунке 1.4.3, б изображено нахлесточное соединение, но сварные швы в нем угловые.

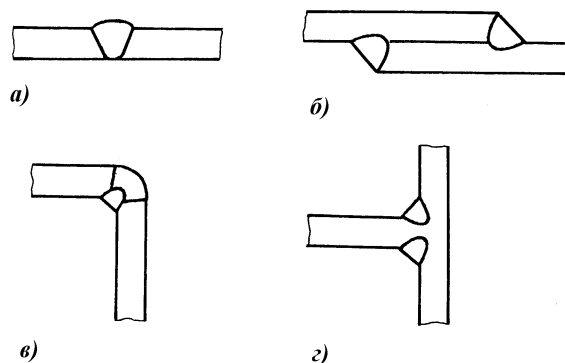


Рисунок 1.4.3 Типы сварных соединений

Характер сварного соединения, его размеры, подготовка кромок регламентируются соответствующими стандартами. В сварочном производстве наиболее распространенными являются следующие стандарты:

СТБ 1016-96 - Соединения сварные. Общие технические условия.

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

ГОСТ 8713-79 - Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

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

ГОСТ 11534-75 - Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 11533-75 - Сварка под флюсом. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 23518-79 - Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 14806-80 - Дуговая сварка алюминия в инертных газах;

ГОСТ 15164-78 - Электрошлаковая сварка. Соединения сварные;

ГОСТ 16037-80 - Соединения сварные стальных трубопроводов;

ГОСТ 14098-91 - Сварка арматуры и закладных деталей.

Приведенные стандарты используются для обозначения сварных соединений на чертежах. Тип сварного соединения обозначается буквами: С - стыковое; Н - нахлесточное; У - угловое; Т - тавровое. Цифра после этой буквы уточняет тип подготовки кромок. Более подробная информация о расшифровке цифр содержится в соответствующих стандартах. Методика определения расхода

сварочных материалов для различных типов швов и способов сварки приведена в методических рекомендациях по решению задач.

Раздел 2 Источники нагрева материала при сварке

Тема 2.1 Сварная дуга и сущность процессов, протекающих в ней

Сварочная дуга: основные термины и определения. Физические основы образования электрического разряда в газах. Характеристика частиц – носителей зарядов. Потенциал возбуждения и ионизации. Виды эмиссии электронов при сварке, их характеристика и особенности

Ионизация дугового промежутка в процессе сварки

Литература: [30], с.24-32; [32], с.16-20

Методические рекомендации

Дугой называют длительно существующий электрический разряд в газах между двумя проводниками электрического тока. Проводниками тока при сварке являются изделие и сварочный электрод или проволока, к которым прикладывается напряжение от источника тока-выпрямителя или трансформатора.

В обычных условиях воздух или защитный газ, находящийся между проводниками электрический ток не проводит, т.к. не имеет свободных носителей электрического заряда и является электрически нейтральным. Если к атому или группе атомов приложить энергию, то можно один или несколько электронов удалить из зоны притяжения ядра. В этом случае они становятся свободными и газ начинает проводить ток, т.к. отрицательные электроны движутся к положительному полюсу источника тока – анод, а положительные ионы к катоду.

Процесс удаления электрона из нейтрального атома и образование носителей электричества — ионов и свободных электронов называется ионизацией.

Ионизация может быть вызвана различными видами воздействия. Различают три ее вида: ионизация соударением, облучением (фотоионизация), нагревом (термоионизация).

Процесс удаления электрона из нейтрального атома и образование носителей электричества — ионов и свободных

электронов называется ионизацией. Энергия, которую необходимо затратить на ионизацию атомов вещества, называется потенциалом ионизации. Потенциал ионизации измеряется в электрон-вольтах (ЭВ).

Численное соотношение между электрон-вольт и джоулем — $1 \text{ ЭВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Значение потенциала ионизации зависит от силы связи электрона с ядром. В общем случае оно тем больше, чем большее количество электронов находится на внешних орбитах атома.

Наряду с процессом ионизации поставщиком свободных электронов в дугу является процесс эмиссии. Эмиссия — это выделение электронов с поверхности катода. Она также бывает трех видов: термоэлектронная эмиссия, автоэлектронная и эмиссия за счет ударов тяжелых ионов в катод.

Термоэлектронная эмиссия заключается в способности раскаленной поверхности электрода (катода) испускать электроны. Необходимая для этого энергия получается за счет изменения при высоких температурах собственной энергии электронов проводимости материала. В результате создаются условия, при которых электроны способны оторваться от поверхности электрода и покинуть его пределы.

Электроны, ушедшие из металла в результате эмиссии, пополняются из внешнего источника тока, служащего для питания дуги. Чем выше температура катода, тем больше плотность тока термоэлектронной эмиссии и тем больше электронов будет обладать энергией, необходимой для выхода электронов из катода.

Для плавящихся электродов термоэлектронная эмиссия не играет основной роли в ионизации дугового промежутка вследствие низкой температуры их кипения и малой плотности тока. При термоэлектронной эмиссии наблюдается охлаждение электрода, являющегося катодом, за счет уноса электронами значительной энергии.

Автоэлектронная эмиссия характеризуется тем, что энергия, необходимая для удаления электронов с поверхности катода, сообщается внешним электрическим полем, создаваемым источником питания. Внешнее электрическое поле облегчает выход электронов. Оно как бы вытягивает их за пределы действия силы притяжения оставшихся в металле положительных зарядов.

Автоэлектронная эмиссия возможна даже при низкой температуре катода. При сварке электродами с низкой температурой

кипения авто-электронная эмиссия является основным источником эмиссии электронов.

Эмиссия электронов в результате ударов ионов по катоду возникает в тех случаях, когда положительные ионы под действием электрического поля устремляются к катоду и передают ему энергию, достаточную для выбивания электронов. Этот вид эмиссии играет значительную роль в создании мощного потока электронов в сварочной дуге и благодаря выделению на катоде потенциальной и кинетической энергии ионов увеличивает скорость плавления электрода.

Энергия, затраченная для выхода электрона с поверхности проводника вследствие эмиссии, называется работой выхода. Она обратно пропорциональна межатомному расстоянию.

Тема 2.2 Процессы, протекающие на отдельных участках сварочной дуги

Основные способы зажигания сварочной дуги, их достоинства и недостатки. Процессы, происходящие в момент зажигания дуги. Процессы в различных областях сварочной дуги

Температура анода, катода и столба дуги

Литература: [30], с.32-35; [32], с.20-24

Методические рекомендации

Процесс зажигания дуги при сварке плавящимся электродом начинается с короткого замыкания электрода с основным металлом. При отводе электрода жидкая перемычка растягивается, сечение ее уменьшается, сопротивление и температура возрастают. В момент достижения расплавленным металлом перемычки температуры кипения в легко ионизирующихся парах металла возникает дуга. Процесс возникновения и развития дуги длится доли секунды. При сварке неплавящимся электродом происходят те же процессы, но жидкая перемычка образуется за счет плавления только основного металла. Дуга при этом зажигается без касания электродом изделия. В этом случае дуговой промежуток ионизируется с помощью специальных устройств - осцилляторов. В силу различной природы физических явлений, происходящих на разных участках дуги, дуговой промежуток обычно разделяют на три области; катодную -

примыкающую к катоду, анодную - примыкающую к аноду, и промежуток между ними - столб дуги. На поверхности катода и анода образуются катодные и анодные активные пятна, через которые проходит весь ток сварочной дуги и поэтому они наиболее нагреты. Высокая температура катодного пятна является неременным условием существования дугового разряда.

В катодной области из катодного пятна происходит эмиссия электронов, которые, ускоряясь электрическим полем в катодной области, попадают в столб дуги. В анодной области на участке, равном длине свободного пробега электрона, наблюдается, так называемое анодное падение напряжения U_a , вызванное наличием большого некомпенсированного объемного отрицательного заряда. На этом участке дуги почти отсутствует ионизация и нет положительных ионов, заряд которых мог бы компенсировать заряд электронов. Поэтому электроны, проходя анодную область, резко увеличивают скорость своего движения и, попадая на анодное пятно, тормозятся и нейтрализуются. При торможении электронов выделяется вся приобретенная ими в области анодного падения напряжения кинетическая энергия, а нейтрализация сопровождается выделением энергии, равной работе выхода.

Тема 2.3 Технологические особенности и условия устойчивого горения сварочной дуги

Статическая вольт-амперная характеристика и ее влияние на условия горения дуги. Влияние рода, полярности тока на дугу

Непрерывно горящая, пульсирующая, вращающаяся и импульсная дуга, характеристика и особенности каждого вида

Влияние состава газов, материалов электродных покрытий и флюсов на условия горения дуги

Литература: [30], с.35-41; [32], с.24-25

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с уяснения понятия статической вольт-амперной характеристики и ее влияния на условия горения дуги. Теперь можно приступать к изучению влияния рода, полярности тока на дугу.

Обзорно необходимо ознакомиться с непрерывно горящей

дугой, пульсирующей дугой, вращающейся и импульсной дугой, дать им характеристику и уяснить особенности каждого вида, влиянием состава газов, материалов электродных покрытий и флюсов на условия горения дуги.

В заключение темы можно следует охарактеризовать влияние состава газов, материалов электродных покрытий и флюсов на условия горения дуги.

Тема 2.4 Действие магнитных полей и ферромагнитных масс на сварочную дугу

Причины возникновения магнитного дутья. Влияние собственного и постороннего магнитного поля на дугу. Действие ферромагнитных масс на дугу и меры по уменьшению магнитного дутья

Перенос металла через дугу. Виды переноса электродного металла: короткими замыканиями, крупнокапельный, мелкокапельный, струйный

Влияние ферромагнитных масс на перенос

Литература: [30], с.41-51; [32], с.25-29

Методические рекомендации

Как было выяснено, дуга представляет собой поток заряженных частиц. Из физики известно, что на движущуюся в магнитном поле заряженную частицу действует сила, отклоняющая ее от первоначальной траектории. Так как дуга представляет собой поток заряженных частиц под действием магнитного поля, она будет отклоняться в зависимости от направления этого поля.

Управление дугой с помощью магнитного поля используется в некоторых способах сварки, например сварка труб дугой, вращающейся в магнитном поле. При обычных способах дуговой сварки влияние магнитного поля на дугу относительно невелико и проявляется при нарушении симметрии внешнего магнитного поля, которое образуется при протекании тока по изделию, включенному для сварки в электрическую цепь. Нарушение симметрии магнитного поля наблюдается обычно в двух случаях: при подключении к изделию обратного провода несимметрично дуге (рисунок 2.4.1) и несимметричном расположении ферромагнитных масс около дуги

(рис.2.4.2). Из рисунка 2.4.1 видно, что в первом случае наблюдается сгущение силовых линий магнитного поля со стороны токоподвода. Это заставляет дугу отклоняться в противоположную сторону.

Наиболее сильно это явление наблюдается при сварке на постоянном токе. Отклонение дуги возрастает по мере возрастания силы тока, особенно при несимметричном расположении токопровода относительно дуги (рис.2.4.1, а). Это усложняет точное направление дуги на стык, поэтому при сварке на постоянном токе токоподвод целесообразно размещать симметрично дуге (рис.2.4.1, б). При ручной сварке электрод обычно отклоняют в сторону, противоположную отклонению дуги.

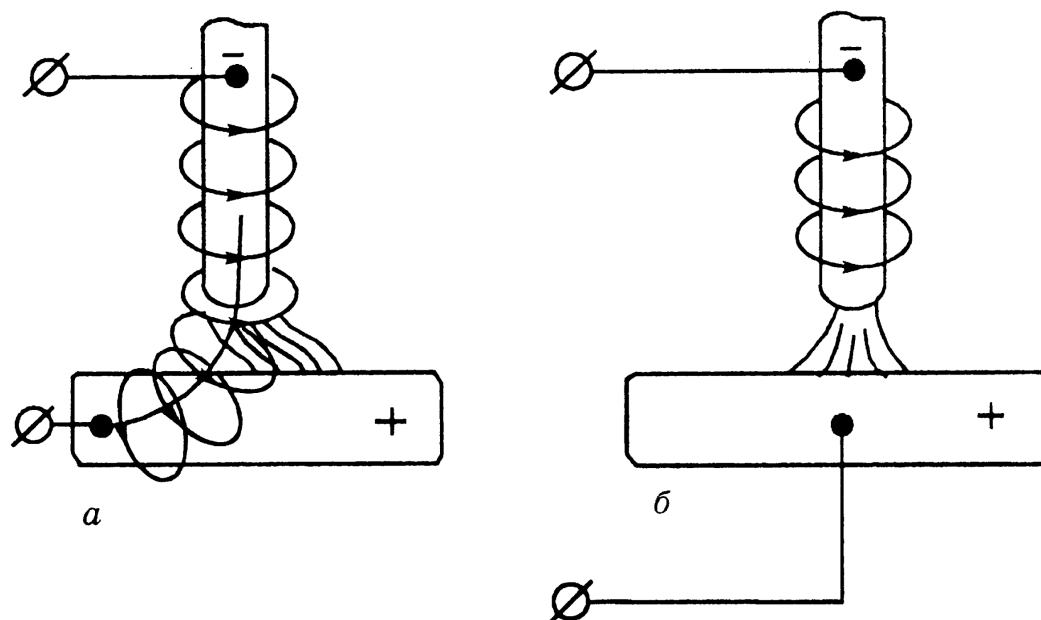


Рисунок 2.4.1 Влияние магнитного поля на дугу

Расположение ферромагнитных масс рядом с дугой также вызывает ее отклонение вследствие смещения собственного магнитного поля. Дуга как бы притягивается к ферромагнитной массе (рисунок 2.4.2,а). Это может вызвать непровар корня шва для угловых (рисунок 2.4.2,б) и стыковых (рисунок 2.4.2, в) соединений.

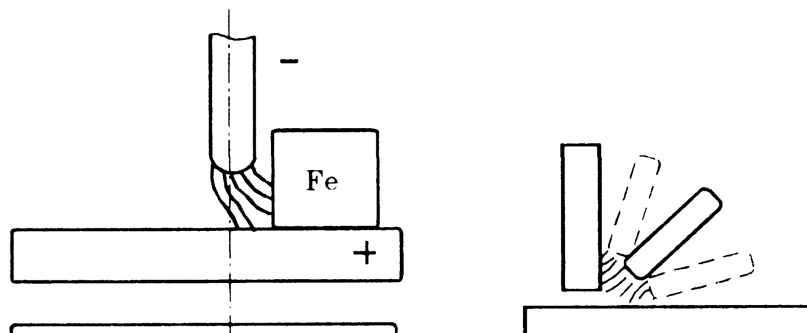


Рисунок 2.4.2 Влияние ферромагнитных масс на сварочную дугу

Раздел 3 Тепловые и металлургические процессы при сварке

Тема 3.1 Тепловые процессы, протекающие при сварке плавлением и ТБ при защите от тепловых процессов.

Электрическая тепловая и эффективная тепловая мощность процесса сварки плавлением. Понятие о коэффициенте полезного действия сварочной дуги. Тепловой баланс процесса сварки. Нагрев электродов и электродной проволоки сварочной дугой, шлаковой ванной и током

Производительность процесса сварки плавлением. Основные показатели процесса: коэффициенты плавления, наплавки и потери металла

Погонная энергия сварки, ее значение и методика определения. Теория распространения тепла в металле при сварке. Длина сварочной ванны при дуговой сварке и время ее существования

ТБ при защите от тепловых процессов

Литература: [30], с.51-75; [32], с.41-48

Методические рекомендации

Количество тепла, выделяемое сварочным источником в единицу времени, называется его полной тепловой мощностью. Это тепло полезно расходуется на нагрев свариваемого металла, а также частично теряется. Потери обусловлены теплообменом с окружающей средой, нагревом покрытия электрода, уносом тепла к нагретым защитным газом, нагревом узлов сварочной горелки, нагревом флюса, отражением тепла свариваемым изделием, разбрызгиванием металла и т.д. Потери обычно учитываются коэффициентом полезного действия источника нагрева.

Для каждого сварочного источника нагрева и способа сварки характерны свои виды потерь. Так, при газовой сварке энергия выделяется (превращается в теплоту) в факеле пламени и теплота передается изделию лишь путем теплообмена, что малоэффективно.

При дуговой сварке часть энергии выделяется на катодном и анодном пятне, т.е. непосредственно на изделии. В связи с этим к.п.д. дуги выше чем пламени. При электронно-лучевой сварке вся энергия выделяется на свариваемом металле, что обеспечивает получение еще более высоких к.п.д.

При сварке дуга обычно движется вдоль свариваемых кромок. Для энергетической характеристики перемещающейся дуги используется понятие погонной энергии. Она определяется отношением мощности дуги к скорости ее движения.

Распределение температур на поверхности металла при его нагреве неподвижным точечным источником тепла приведено на рисунок 3.1.1, а. Изотермы представляют собой окружности с центром в месте расположения источника. При перемещении источника нагрева линии изотерм вытягиваются вдоль оси движения, сгущаясь перед источником (рисунок 3.1.1, б).

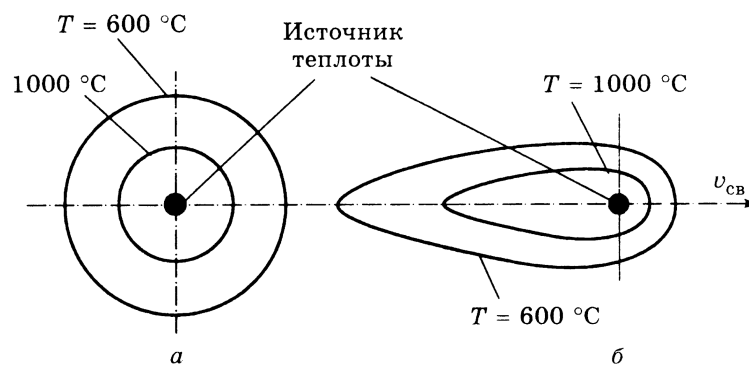


Рисунок 3.1.1 - Изотермы 600 и 1000°С, а - для неподвижного источника тепла; б - для подвижного источника тепла

Распределение температур в металле при сварке может быть рассчитано теоретически. Тепловые расчеты используются для определения глубины проплавления и размеров шва, скорости охлаждения металла, деформаций и напряжений при сварке. В

общем виде они достаточно сложны, поэтому в зависимости от требуемой точности пользуются различными упрощениями. Наиболее простой схемой является расчет тепла в полубесконечном теле, которое имеет одну верхнюю поверхность и не ограничено в стороны по осям x и y , а также в толщину по оси Z .

Тема 3.2 Особенности металлургических процессов при сварке

Характерные особенности металлургии сварки. Окисление металла шва при сварке. Влияние кислорода, азота и водорода на свойства металла шва и качество сварного соединения. Мероприятия по защите сварного шва от попадания кислорода, азота, водорода

Литература: [30], с.119-131; [32], с.48-56

Методические рекомендации

В процессе сварки происходит взаимодействие кислорода с расплавленным металлом сварочной ванны. На рис.2.14 приведены зависимости основных механических свойств шва: предела прочности — σ_b , предел текучести - σ_t , ударной вязкости - a_k от содержания в шве кислорода. Из графиков видно, что окисление металла шва приводит к ухудшению его механических свойств и снижению работоспособности сварного соединения. Поэтому снижение количества кислорода в шве является одной из основных задач сварочной металлургии.

Окисление металла шва в процессе сварки может происходить вследствие различных процессов, основными из которых являются следующие:

- взаимодействие с кислородом воздуха при недостаточной защите зоны сварки;
- наличие оксидных пленок на свариваемых кромках;
- взаимодействие с компонентами электродных покрытий и защитной средой;
- окислительно-восстановительные реакции на границе металл-шлак;
- взаимодействие со сложными газами и паром.

Окисление металла свободным кислородом газовой фазы протекает тем более интенсивно, чем больше сродство металла к

кислороду. Оценить степень сродства металла к кислороду можно по прочности образующегося оксида, которая зависит от его вида, температуры и от давления кислорода, взаимодействующего с оксидом.

С повышением температуры прочность оксида понижается, происходит его диссоциация и выделяется кислород. Однако это будет иметь место только лишь в том случае, когда давление соприкасающегося с оксидом кислорода будет меньше давления кислорода, выделяющегося при диссоциации оксида. Если давления равны, то диссоциация оксида не происходит и наступает равновесие.

Упругость диссоциации оксида и, следовательно, сродство элементов к кислороду зависит от температуры. Обычно упругость диссоциации оксидов с повышением температуры у всех металлов увеличивается, а сродство к кислороду уменьшается.

Так, при равных концентрациях и температуре 2000°С наибольшим сродством к кислороду обладает Ca, затем Mg, Al, Ti и т.д. Последние два элемента (Ni и Cu) обладают меньшим сродством к кислороду, чем железо. Рассмотренное справедливо, если элементы окисляются свободно и независимо друг от друга, находясь в одинаковых внешних условиях.

В реальных условиях сварки последовательность и скорость окисления элемента сплава зависит не только от степени сродства элемента к кислороду, но и от концентрации его в расплаве. При этом элемент будет окисляться тем легче, чем больше его концентрация.

Удаление кислорода из жидкого металла называется раскислением. При сварке его можно проводить двумя способами: с помощью химических реакций с элементами раскислителями (осаждающее раскисление) или с помощью физических и химических процессов между металлом и шлаком (диффузионное раскисление).

Раскислителями являются элементы, которые обладают большим сродством к кислороду, чем свариваемый металл, и поэтому легче с ним взаимодействуют. Элементы, находящиеся в зоне сварки, можно расположить в ряд по убывающей степени раскисления (сродству к кислороду). Положение элемента в ряду определяется значением упругости диссоциации оксидов. Ряд выглядит следующим образом: Ca, Mg, Al, Ti, Si, Mn, Cr, Mo, Fe, Ni, Cu.

Элементы, стоящие в ряду левее железа, предохраняют сварочную ванну от окисления. Наиболее часто в качестве

раскислителей при сварке применяются марганец и кремний, как наиболее дешевые.

Марганец и кремний вводятся в сварочную ванну различными путями - через покрытие, флюс, сварочную проволоку.

Приведенный ряд сродства к кислороду используется также для оценки способности каждого элемента легировать шов. Элементы, стоящие справа от железа, - Ni и Cu практически не окисляются и полностью переходят в шов. Такие элементы, как Cr и Mo, стоящие рядом с железом, относительно неплохо усваиваются сварочной ванной.

Диффузионное раскисление заключается в том, что между оксидом FeO, находящимся в расплавленном металле, и кислыми оксидами (например, SiO₂), находящимся в шлаке, происходит взаимодействие: $\text{FeO} + \text{SiO}_2 \leftrightarrow \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$.

Образующееся соединение в составе шлаков всплывает на поверхность жидкого металла, и кислород выводится из сварочной ванны.

Источниками водорода при сварке являются атмосферная влага, влага электрода, флюса или защитных газов. Кроме того, водород содержится в органических составляющих электродных покрытий, а также в небольших количествах в сварочной проволоке и основном металле.

По мере увеличения температуры растворимость водорода увеличивается, претерпевая скачкообразные изменения. Наибольший скачок растворимости наблюдается при переходе железа из твердого в жидкое состояние. Жидкий металл растворяет водород приблизительно в 3,5 раза больше, чем твердый. В процессе кристаллизации, когда металл затвердевает, это приводит к интенсивному выделению водорода из сварочной ванны. Если процесс кристаллизации идет быстро или водорода в зоне сварки очень много, он не успевает выделиться из расплавленного металла и остается в шве в виде пузырьков, вызывая пористость.

Водород, который остается в шве, также оказывает отрицательное влияние, т.к. он резко уменьшает пластичность металла. Так называемая «водородная хрупкость металла» является важной проблемой в связи с тем, что вызывает замедленное разрушение сварных конструкций. Кроме того, водород способствует образованию трещин в сварном шве и зоне термического влияния.

При сварке применяются различные способы борьбы с водородом.

Рекомендуется перед сваркой производить зачистку свариваемых кромок и очистку проволоки, если на ней имеются следы ржавчины. Целесообразно выполнять просушку и прокалку электродов и флюсов, а также осушение защитных газов. Техническим приемом уменьшения количества водорода в шве является сварка на постоянном токе обратной полярности. При сварке на прямой полярности положительные ионы водорода устремляются к электроду и растворяются в капле расплавленного металла, а при обратной полярности ионы водорода устремляются к изделию и растворяются в сварочной ванне. Так как температура капли выше температуры сварочной ванны, на прямой полярности водорода в металле растворяется больше.

Эффективным способом борьбы с водородом является его связывание в стойкие соединения. Такими соединениями являются фтористый водород (HF) или гидроксил (ОН). Поэтому для связывания водорода используется фтор или кислород.

Азот в зону сварки попадает обычно из воздуха при нарушении защиты. В некоторых металлах (медь, серебро, золото) азот практически нерастворим, в связи с чем при сварке таких металлов он может применяться как защитный.

Азот сильно растворяется и образует химические соединения с титаном, являясь для него очень вредным газом.

В железе азот растворяется и образует при температурах ниже 600°C химические соединения — нитриды Fe_3N и Fe_4N . Как и для водорода, в процессе кристаллизации при переходе железа из жидкого состояния в твердое растворимость азота скачкообразно уменьшается. При этом газ стремится выйти из раствора, что может привести при неблагоприятных условиях к образованию пор.

Азот оказывает заметное влияние и на механические свойства шва предел прочности σ_b , предел текучести.

Даже при относительно небольших количествах азота - 0,05% ударная вязкость шва резко уменьшается.

Так как азот попадает в шов из воздуха, основной способ борьбы с ним - обеспечение хорошей защиты зоны горения дуги от атмосферы. Уменьшению содержания азота способствуют также такие элементы, как марганец и титан, имеющие к нему большое сродство.

Тема 3.3 Металлургические процессы при сварке толстопокрытыми электродами

Состав и свойства сварочных шлаков. Раскисление металла при ручной сварке. Влияние химического состава покрытия на характер процессов при сварке электродами с различными типами покрытий

Рафинирование металла шва

Литература: [30], с.131-135

Методические рекомендации

Вначале следует изучить состав и свойства сварочных шлаков.

Далее следует ознакомиться с реакциями раскисления металла при ручной сварке.

Затем необходимо ознакомиться с влиянием химического состава покрытия на характер процессов при сварке электродами с различными типами покрытий.

Тема 3.4 Металлургические процессы при механизированных способах сварки

Основные физико-химические процессы при сварке под кислыми и основными флюсами. Особенности прохождения металлургических процессов в инертных газах, активных газах и их смесях

Литература: [30], с.139-146

Методические рекомендации

Вначале следует изучить основные физико-химические процессы при сварке под кислыми и основными флюсами.

Далее следует ознакомиться с особенностями прохождения металлургических процессов в инертных газах, активных газах и их смесях.

Тема 3.5 Плавление и кристаллизация металла шва. Микроструктура шва и зоны термического влияния

Плавление, характер кристаллизации металла шва. Микроструктура металла шва и зоны термического влияния. Влияние погонной энергии на структуру и свойства сварного соединения. Доля участия основного металла в металле шва при различных способах сварки

Литература: [30], с.146-158; [32], с.56-65

Методические рекомендации

В результате воздействия сварочного источника тепла на металл часть его объема расплавляется. Этот объем расплавленного металла, удерживаемый нерасплавившимися участками свариваемого изделия, называется сварочной ванной. В сварочной ванне расплавленный основной металл смешивается с присадочным металлом, поступающим от электрода или проволоки, в результате чего после остывания образуется сварной шов.

В результате воздействия потоков газов и сил электрического происхождения жидкий металл вытесняется из-под дуги (или другого источника нагрева), образуя углубление в жидком металле, которое называется кратером. При этом жидкий металл перемещается из головной части ванны в более холодную - хвостовую. По мере удаления источника нагрева в хвостовой части ванны происходит интенсивный отвод тепла в холодную массу изделия. Частицы расплавленного металла становятся менее подвижными и начинается процесс кристаллизации.

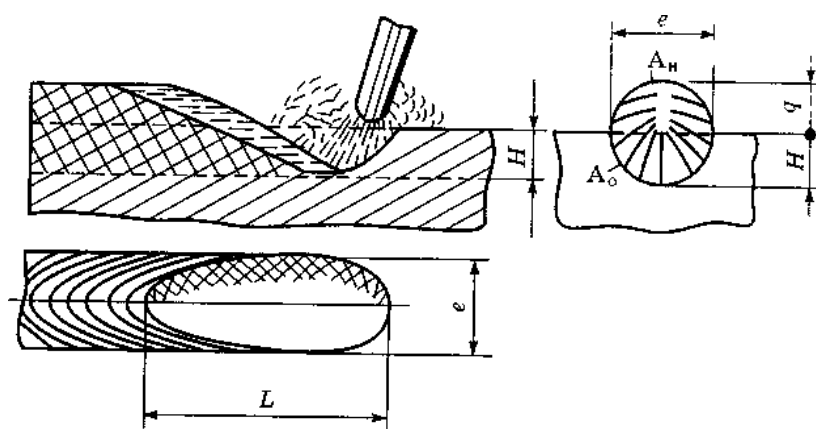


Рисунок 3.5 1 Образование сварочной ванны

Кристаллиты обычно растут в направлении, перпендикулярном поверхности теплоотвода, и получаются тем крупнее, чем крупнее оплавление зерна в основном металле на границе раздела с жидкой ванной.

Первичная кристаллизация металла шва, т.е. переход металла шва из жидкого состояния в твердое, так же как и кристаллизация слитков и отливок, протекает периодически, с остановками, что обусловлено периодичностью охлаждения. После охлаждения первого слоя происходит некоторая задержка в связи с замедленным охлаждением из-за ухудшения теплоотвода и выделения скрытой теплоты кристаллизации первого слоя.

Образовавшийся первый слой кристаллов (для стали по перемещающейся изотермической поверхности 1500 °С) имеет форму, соответствующую поверхности теплоотвода. После некоторой задержки вследствие непрекращающегося теплоотвода в глубь основного металла начинает кристаллизоваться второй слой и т.д. Так периодически происходит кристаллизация по всему продольному и поперечному сечению металла шва.

Толщина кристаллизационных слоев может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров в зависимости от объема ванны жидкого металла и условий теплоотвода.. Чем сильнее теплоотвод и чем меньше объем жидкой ванны, тем меньше толщина слоя. Наибольшая толщина кристаллизационных слоев наблюдается в металле шва, выполненного электрошлаковым способом.

Закристаллизовавшийся металл однопроходного шва имеет столбчатое строение, что обусловлено тем, что в направлении отвода теплоты, т.е. перпендикулярно границе сплавления, кристаллит растет быстрее, чем в любом другом направлении.

Ось каждого кристаллита обычно не является прямой, а несколько изогнута в направлении вершины шва. Направленность роста кристаллитов зависит от формы поверхности раздела жидкого и твердого металла, которая в свою очередь зависит от режима и способа сварки. С увеличением сварочного тока глубина проплавления увеличивается, а отношение ширины валика к глубине проплавления (коэффициент формы шва) уменьшается, вследствие чего кристаллиты металла ванны будут расти от поверхности основного металла навстречу друг другу.

Большой объем сварочной ванны и малая скорость охлаждения металла шва при электрошлаковой сварке приводят к значительному увеличению размеров столбчатых кристаллитов. Они настолько велики, что легко различаются невооруженным глазом. Для измельчения структуры металла сварных швов в жидкий расплав вводят элементы-модификаторы: алюминий, титан, ванадий и др.

При кристаллизации металла шва имеет место ликвация. Ликвацией называют неравномерное распределение составляющих сплава, приводящее к неоднородности его химического состава. Ликвация обусловлена наличием в металле шва легирующих элементов и примесей, нерастворимых в нем или обладающих ограниченной растворимостью при температуре затвердевания - это сера, фосфор, углерод и др.

Зональная (макроскопическая) ликвация в металле шва характеризуется различием химического состава периферийной и центральной его части. Вызывается это тем, что металл периферийных зон шва, затвердевающий в первую очередь, содержит минимальное количество ликвирующих примесей. Содержание же примесей в оставшемся жидком расплаве возрастает. По мере роста кристаллитов расплав обогащается примесями, имеющими низкую температуру затвердевания, которые оттесняются в середине шва, поэтому центральная часть шва оказывается наиболее загрязненной примесями. В этой части шва возникает слабая зона.

Дендритная (внутрикристаллическая) микроскопическая ликвация характеризуется неоднородностью химического состава отдельных составляющих кристаллитов. Это имеет место вследствие того, что при затвердевании металла шва первые кристаллиты, образующие оси, а затем ветви дендритов содержат меньше примесей, чем исходный жидкий расплав. По мере роста осей и ветвей дендрита расплав обогащается примесями, и образовавшийся кристаллит оказывается неоднородным по химическому составу: центральные и начальные части дендрита состоят из наиболее чистого твердого раствора, а междендритные пространства и особенно пограничные зоны его наиболее загрязнены.

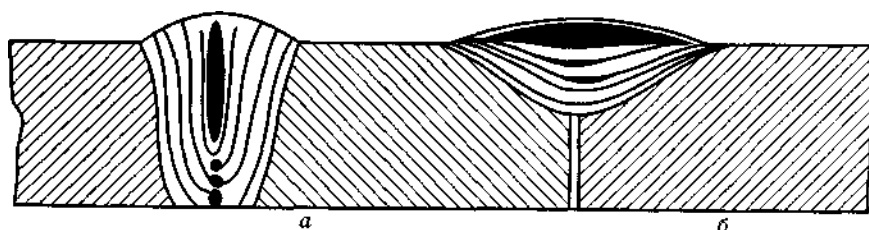


Рисунок 3.5.2 Расположение загрязненных примесями участков в шве: а - узкий шов; б - широкий шов

В условиях сварки увеличение скорости охлаждения металла шва уменьшает длительность пребывания металла сварочной ванны в двухфазном состоянии, приводит к уменьшению разницы между составом твердой и жидкой фазы, в результате чего дендритная ликвация менее развита.

Процессы ликвации зависят также от температуры начала и конца кристаллизации. Чем больше этот температурный интервал, тем интенсивнее проявляются процессы ликвации. Так, для малоуглеродистой стали температурный интервал кристаллизации составляет всего 20-30°C, поэтому ликвация не получает значительного развития. С повышением содержания углерода в стали, температурный интервал кристаллизации резко возрастает, что способствует интенсивной ликвации металла. Это наряду с другими трудностями усложняет сварку сталей с повышенным содержанием углерода.

После окончания первичной кристаллизации сталь в связи с аллотропическими превращениями в твердом состоянии, переходит из γ - в α -состояние, что сопровождается изменением строения шва за счет появления новых образований в пределах первичных столбчатых кристаллитов.

Изменение формы зерен при аллотропических превращениях, происходящих в твердом металле, называют вторичной кристаллизацией.

Характер вторичной кристаллизации металла шва зависит от его химического состава, скорости охлаждения и ряда других факторов.

На свойства сварного соединения наряду с химическим составом значительное влияние оказывает структура металла шва и околошовной зоны. В зависимости от химического состава и скорости охлаждения структура металла шва может быть самой разнообразной, поэтому рассмотрим частный случай сварки самого распространенного материала для сварных конструкций - низкоуглеродистой стали с содержанием углерода до 0,25%.

В процессе первичной кристаллизации металла шва этой стали получают столбчатые кристаллы с неоднородным химическим составом. При аллотропическом превращении железа кристаллиты

распадаются и образуется структура, состоящая из зерен феррита и небольшого количества перлита. Происходящее в результате перекристаллизации измельчение зерен оказывает благоприятное влияние на механические свойства металла шва.

Структура сварного шва определяется условиями его охлаждения, влияющими на процессы вторичной кристаллизации и на диффузионные процессы. Для низкоуглеродистой стали в структуре шва преобладает феррит и перлит.

Участок основного металла, подвергшийся в процессе сварки нагреву до температуры, при которой в нем происходят изменения структуры металла, называют зоной термического влияния. Температура, до которой нагреваются отдельные точки зоны термического влияния, изменяется от температуры плавления до окружающей, а структура металла околошовной зоны зависит от его химического состава, теплофизических свойств и от термического цикла сварки.

Структурные изменения в околошовной зоне рассмотрим на однопроходном стыковом соединении. При этом над сечением соединения строим кривую распределения максимальных температур и в том же масштабе, рядом, размещаем часть диаграммы железо - углерод. Проецируя с диаграммы Fe-C на сварное соединение границы участков одинаковой микроструктуры, можем с небольшой погрешностью определить в сварном соединении границы отдельных участков зоны термического влияния (рисунок 3.5.3).

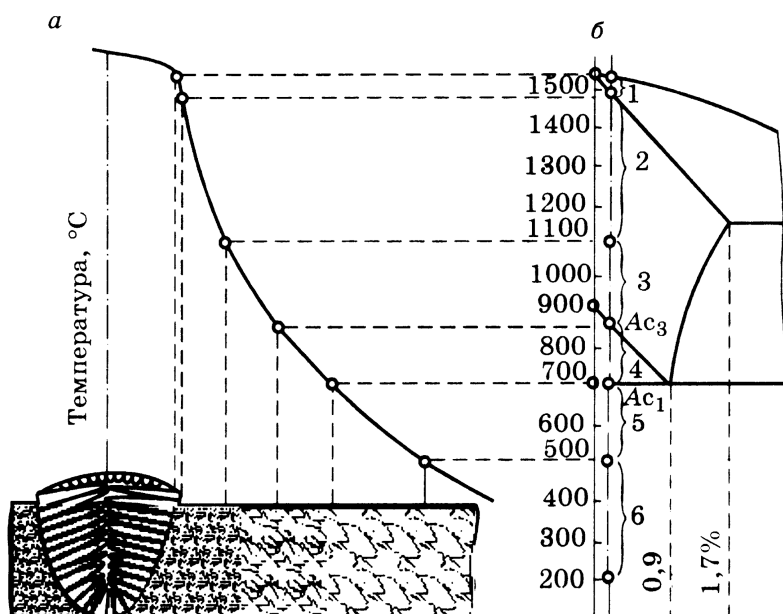


Рисунок 3.5.3 Температурные границы участков зоны термического влияния свариваемого металла

В зависимости от температуры нагрева и, следовательно, структурных и физико-механических изменений в околошовной зоне различают следующие участки: 1 — неполного расплавления; 2 — перегрева; 3 — нормализации; 4 — неполной перекристаллизации; 5 — рекристаллизации; 6 — синеломкости.

Участок неполного расплавления является переходным от наплавленного металла к основному, его часто называют переходной зоной. Он представляет собой узкую полоску основного металла, которая при сварке находилась при температурах ниже линии ликвидуса, но выше солидуса. В процессе сварки этот участок нагревается до температуры, несколько превосходящей температуру плавления, и находится в твердо-жидком состоянии, что способствует протеканию диффузии некоторых элементов между твердой и жидкой фазой переходной зоны. Поэтому переходная зона отличается по своему химическому составу как от основного, так и от наплавленного металла.

Ширина участка неполного расплавления зависит от характера источника нагрева и состава металла и изменяется от 0,1 до 0,4 мм. Свойства этого участка оказывают в ряде случаев решающее влияние на работоспособность сварной конструкции.

Участок перегрева ограничивается температурными границами: со стороны шва температурой участка неполного расплавления, а со стороны основного металла температурой примерно 1100 °С. На этом участке металл при сварочном нагреве претерпевает аллотропическое превращение из δ - в γ - железо и в связи с высокой температурой, наблюдается перегрев и рост аустенитного зерна.

В процессе остывания вторичная структура на этом участке зависит от состава металла и термического цикла сварки. Так, в некоторых случаях ручной сварки при значительном перегреве в сталях с повышенным содержанием углерода, а при электрошлаковой сварке даже в низкоуглеродистой стали образуется крупнозернистая структура, которая незначительно влияет на прочность металла, но заметно снижает его пластичность. Ударная вязкость при этом падает на 25% и более. Ширина этого участка изменяется от 1 до 3 мм.

Участок нормализации охватывает металл, нагретый в процессе сварки от температуры несколько выше критической точки A_{c3} до температуры 1100°C . На этом участке создаются благоприятные условия для образования мелкозернистой вторичной структуры. Механические свойства металла на участке нормализации обычно выше свойств основного металла, не подвергнувшегося нагреву при сварке. Ширина этого участка в зависимости от способа и режима сварки изменяется от 1,2 до 4 мм.

Участок неполной перекристаллизации охватывает металл, подвергшийся нагреву в интервале температур точек от A_{c1} до A_{c3} . Для низкоуглеродистой стали этот интервал температур составляет немногим более 100°C (от 725 до 850°C). Металл на этом участке подвергается только частичной перекристаллизации. Поэтому здесь наряду с зернами основного металла, не изменившимися при нагреве, присутствуют зерна, образовавшиеся при перекристаллизации.

Участок рекристаллизации наблюдается при сварке стали, подвергавшейся пластической деформации. На этом участке в интервале температур $450-700^{\circ}\text{C}$ из обломков зерен зарождаются и растут новые равноосные зерна. Если до сварки металл не подвергался пластической деформации (например, литые сплавы), процесс рекристаллизации не имеет места.

Участок синеломкости охватывает температурный интервал $200-400^{\circ}\text{C}$, при котором появляются синие цвета побежалости на поверхности металла. Характеризуется тем, что при сварке низкоуглеродистых сталей, содержащих более $0,005\% \text{O}_2$, $0,005\% \text{N}_2$, $0,005\% \text{N}_2$ и $0,0005\% \text{H}_2$ на участке наблюдается резкое падение ударной вязкости. Это связано с тем, что из пересыщенного твердого раствора выпадают избыточные составляющие, в данном случае азот, углерод, которые в виде тонкодисперсных нитридов и карбидов скапливаются вокруг дефектных участков кристаллической решетки, повышая прочность и снижая пластичность.

Тема 3.6 Трещины, поры и коррозия сварных соединений

Горячие трещины и причины их возникновения. Методика определения склонности металла шва к образованию горячих трещин, меры предупреждения их образования

Холодные трещины, причины их возникновения, меры предупреждения их образования

Поры в сварных швах, причины их возникновения и меры предупреждения их образования

Меры повышения общей коррозионной стойкости шва. Межкристаллитная коррозия, сущность, причины возникновения и способы предотвращения

Литература: [30], с.158-171; [32], с.65-70

Методические рекомендации

Дефекты сварных соединений, выполненных дуговой сваркой могут классифицироваться по различным признакам: форме, величине, расположению в сварном шве, степени опасности, причинам образования и т.д.

Наиболее принятой является классификация дефектов, рекомендованная междугосударственным стандартом ГОСТ 30242-97 «Дефекты соединений при сварке металлов плавлением».

В соответствии с этим стандартом все дефекты делятся на шесть групп. Каждый тип дефекта имеет свое цифровое и буквенное обозначение, рекомендованное международным институтом сварки (МИС):

- 1) Трещины - цифровое обозначение 100; буквенное Е;
- 2) полости, поры - цифровое обозначение 200; буквенное А;
- 3) твердые включения - цифровое обозначение 300; буквенное В, G, J, М - в зависимости от типа включения;
- 4) несплавления и непровары - цифровое обозначение 400; буквенное Д;
- 5) нарушения формы шва - цифровое обозначение 500; буквенное F;
- 6) прочие дефекты - цифровое обозначение 600; буквенное обозначение отсутствует.

В пределах каждой группы существует своя классификация в зависимости от ориентации дефекта, его характера, формы и некоторых других признаков.

По ГОСТ 30242-97 трещиной называется несплошность, вызванная местным разрывом шва или околошовной зоны, которые могут возникнуть в результате охлаждения или действия нагрузок.

В зависимости от ориентации трещины бывают продольными (обозначаются 101), поперечными (102), радиальными - выходящими из одной точки (103). Эти типы дефектов приведены на рисунке 5.1, а.

Они могут располагаться в металле сварного шва, в зоне термического влияния, в основном металле. Различают также трещины, расположенные в кратере (104), групповые раздельные (105) и групповые разветвленные (106).

Газовой полостью называется полость произвольной формы, не имеющая углов, образованная газами, задержанными в расплавленном металле. Газовая полость сферической формы называется порой. Поры могут быть равномерно распределены по шву, (2012) располагаться цепочкой (2014) или скоплением (2013) (

Процесс образования пор в сварных соединениях изучался многими учеными. Значительный вклад в исследование данного вопроса внесли Алов А.А., Походня И.К., Никифоров Г.Д., Подгаецкий В.В. и др. Накоплен достаточно обширный экспериментальный и теоретический материал, позволяющий объяснить механизм образования пор. Однако некоторые вопросы, относящиеся к порообразованию, продолжают уточняться и углубляться и в настоящее время.

Поры в сварных швах образуются вследствие взаимодействия расплавленного металла с газами. Результатом этого взаимодействия часто является захват фронтом кристаллизации пузырьков газа, которые не успели покинуть сварочную ванну.

Насыщение расплавленного металла газами может происходить одним из трех способов:

1) При снижении температуры сварочной ванны вследствие кристаллизации происходит выделение из нее газов, растворенных в расплавленном металле при высокой температуре;

2) вследствие химических реакций между элементами присутствующими в зоне горения дуги, образуются нерастворимые в жидком металле газообразные продукты;

3) вследствие механического захвата пузырьков воздуха, находящихся в зазорах между свариваемыми деталями или в глубокой разделке.

По первому варианту происходит взаимодействие расплавленного металла с водородом и азотом. Растворимость водорода и азота в жидком металле значительно выше, чем в твердом. Максимальное значение растворимости достигает при температуре 2300-2400⁰С, поэтому сварочная ванна насыщается этими газами. При охлаждении металла в процессе кристаллизации растворимость снижается. При определенной температуре наступает, так

называемый «скачок» растворимости, когда растворимость газа в металле уменьшается очень резко. Это приводит к тому, что избыточный газ начинает быстро выделяться из жидкого металла в виде пузырьков.

Наиболее интенсивно образование пузырьков происходит у границы кристаллизации. Это связано с процессами диффузионного обмена между твердой и жидкой фазами, способствующими перенасыщению газами жидкой прослойки, а также с тем, что зарождение пузырьков на поверхности раздела энергетически более выгодно, чем внутри жидкости.

По второму варианту в жидкий металл попадают пары воды H_2O ; CO ; CH_4 ; SO_2 . Они образуются в зоне горения дуги.

В зависимости от конкретных условий сварки роль тех или иных реакций будет основной. Однако наиболее часто по этой схеме в сварочной ванне образуются пузырьки CO .

Третий путь попадания газа в сварочную ванну, связанный с захватом пузырьков выделяющихся из зазора, отличается от первых двух тем, что здесь не задействованы металлургические и химические процессы. Поэтому его иногда называют «механическим». Исследования показали, что предположение о первоначальном растворении в жидком металле газа из зазора и последующем его выделении не подтвердилось. Растворение газа не происходит. Происходит прорыв газа через сварочную ванну вследствие увеличения его объема и давления при нагреве в замкнутом пространстве. Наличие окалины в зазоре не влияет на пористость сварных соединений.

Насыщение расплавленного металла газами и образование пузырьков является необходимым, но недостаточным условием образования пор. Определяющими являются условия их роста и удаления из сварочной ванны. Вероятность удаления пузырька газа зависит от соотношения трех факторов: времени роста и удержания пузырька на поверхности где произошло его образование; скорости всплытия пузырька; скорости кристаллизации.

Раздел 4 Сварочные материалы

Тема 4.1 Сварочная проволока и неплавящиеся электродные стержни

Сварочная и наплавочная проволока сплошного сечения (ГОСТ 2246-70, ГОСТ 10543-82): марки, обозначения, области применения

Порошковая проволока (ГОСТ 26101-84, ГОСТ 26271-84): типы (для сварки в CO_2 , самозащитная), область применения

Активированная проволока: особенности конструкций, назначение, достоинства и недостатки

Сварочная проволока из цветных металлов и их сплавов (ГОСТ 7871-75, ГОСТ 16130-90)

Неплавящиеся электроды, их характеристика и маркировка

Литература: [30], с.75-62; [32], с.117-126

Методические рекомендации

При изучении данной темы вначале следует повторить марки, обозначения, области применения сварочной и наплавочной проволоки сплошного сечения (ГОСТ 2246-70, ГОСТ 10543-82).

Затем желательно ознакомиться с типами и областями применения порошковой проволоки (ГОСТ 26101-84, ГОСТ 26271-84), (для сварки в CO_2 , самозащитная) и с особенностями конструкций, назначением, достоинствами и недостатками активированной проволоки.

Заканчивая изучение темы, следует остановиться на характеристике и маркировке сварочной проволоки из цветных металлов и их сплавов (ГОСТ 7871-75, ГОСТ 16130-90) и неплавящихся электродах.

Тема 4.2 Металлические плавящиеся электроды для ручной дуговой сварки и наплавки сталей

Требования, предъявляемые к электродам для ручной дуговой сварки и наплавки (ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75, ГОСТ 10052-75)

Классификация и маркировка покрытых электродов. Электроды для сварки конструкционных сталей, их характеристика и область применения. Электроды для сварки чугуна, их характеристика и область применения. Электроды для сварки высоколегированной стали, их характеристика и область применения. Электроды для сварки сплавов меди, алюминия, их характеристика и область применения

Литература: [30], с.82-104; [32], с.126-135

Методические рекомендации

Изучение темы рекомендуется начать с требований, предъявляемых к электродам для ручной дуговой сварки и наплавки (ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75, ГОСТ 10052-75).

Далее стоит изучить классификацию и маркировку покрытых электродов, электроды для сварки конструкционных сталей, их характеристику и область применения, электроды для сварки чугуна, их характеристику и область применения, электроды для сварки высоколегированной стали, их характеристику и область применения, электроды для сварки сплавов меди, алюминия, их характеристику и область применения.

Тема 4.3 Технология изготовления покрытых электродов

Технологические схемы изготовления толстопокрытых электродов

Основные операции по подготовке стержней, шихты электродных покрытий и жидкого стекла, их назначение и содержание. Приготовление обмазочной массы, нанесение покрытий и сушка электродов. Контроль качества электродов

Изучение компонентов электродных покрытий и определение устойчивости горения дуги для разных электродов

Механизация и автоматизация изготовления покрытых электродов

Техника безопасности и пожарная безопасность при изготовлении электродов

Литература: [30], с.104; [32], с.135-137

Методические рекомендации

Технология производства покрытых электродов включает в себя следующие операции и подоперации:

1) подготовка электродных стержней: сортировка сварочной проволоки по маркам, входной контроль и химический анализ; правка проволоки - осуществляется обычно пропусканием через

специальный барабан; рубка проволоки на электродные стержни; очистка и обезжиривание стержней;

2) подготовка компонентов электродных покрытий: сушка и прокалка (при необходимости) компонентов; дробление компонентов до кусков 6-8 мм в специальных дробилках; тонкое измельчение - производится обычно в шаровых мельницах; просеивание. Руды и минералы просеиваются через сито с размером ячеек $\sim 0,1$ мм, ферросплавы - через сито с ячейками $\sim 0,2$ мм; пассивирование заключается в создании окисной пленки на поверхности частиц ферросплавов. Это необходимо для предотвращения реакции ферросплавов (например, ферросилиция) с водным раствором щелочей, содержащихся в жидком стекле. Пассивирование осуществляется прокалкой ферросплавов на воздухе или замачиванием в водных растворах марганцовокислого калия (KMnO_4) либо хромпика ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);

3) приготовление сухой шихты и обмазочной массы: взвешивание подготовленных компонентов в соответствии с рецептом покрытия электрода. Например, электроды УОНИ 13/45 имеют следующий рецепт покрытия: мрамор - 54%; плавиковый шпат - 15%; кварцевый песок - 9%; ферросилиций - 5%; ферромарганец - 5%; ферротитан - 12%; смешивание в сухом виде; смешивание с жидким стеклом, которое играет роль связующего компонента. Например, в электродах УОНИ13/45 его количество составляет 20% от общего замеса шихты;

4) нанесение покрытия на стержни осуществляется в специальных прессах;

5) сушка и прокалка: сушка на воздухе ~ 25 ч или при температуре $100^\circ\text{C} \sim 3$ ч; прокалка необходима для окончательного удаления влаги. Осуществляется в специальных электропечах при температуре $180-250^\circ\text{C}$ для электродов, содержащих органические составляющие, и при температурах $270-500^\circ\text{C}$ - для электродов с основным покрытием;

6) контроль качества. Для каждой партии электродов необходимо контролировать: качество поверхности покрытия электродов - обычно визуальным осмотром; эксцентricность нанесения покрытия контролируется после местной зачистки покрытия в трех местах, смещенных по длине на 50-100 мм и на 120° по окружности. Эксцентricность покрытия - один из наиболее распространенных дефектов. При плавлении электрода он приводит к образованию

«козырька», который существенно затрудняет процесс сварки; влажность покрытия контролируют взвешиванием покрытия до и после прокалки; прочность нанесения покрытия контролируют взвешиванием электрода до и после падения на металлическую плиту с высоты 1 м; сварочно-технологические свойства электродов: легкость зажигания дуги и стабильность ее горения; разбрызгивание электродного металла; формирование шва, легкость отделения шлака; коэффициент наплавки и расплавления; наличие дефектов сварки;

7) механические свойства и химический состав сварных швов.

Тема 4.4 Сварочные флюсы

Классификация сварочных флюсов и требования к ним. ГОСТ 9087-81Е. Характеристика и область применения флюсов. Технология производства плавленных и неплавленных флюсов. Контроль качества флюсов

Литература: [30], с.105-112; [32], с.137-145

Методические рекомендации

Сварочные флюсы представляют собой специально приготовленные гранулированные порошки с размером зерен 0,2-4 мм, которые подаются при сварке в зону горения дуги. При высокой температуре флюс расплавляется, создает газовую и шлаковую защиту сварочной ванны, а также участвует в физико-металлургических взаимодействиях, обеспечивая требуемые свойства соединения и выведение вредных элементов в шлаковую корку, которая образуется на поверхности шва.

Флюсы классифицируются в зависимости от химического состава, технологии изготовления, назначения.

В зависимости от технологии изготовления флюсы бывают плавленные и неплавленные (керамические). При изготовлении плавленных флюсов их компоненты расплавляются в печи, а затем гранулируются. Керамические флюсы представляют собой сухие смеси компонентов. Плавленные флюсы более распространены, поэтому основное внимание будет уделено им.

По химическому составу флюсы делятся на три группы: оксидные, солеоксидные и солевые. Оксидные флюсы состоят из оксидов и могут содержать 5-8% фторидных соединений. Оксидные

флюсы построены преимущественно на базе шлаковой системы MnO-SiO_2 с добавками других оксидов CaO ; MgO ; Al_2O_3 . Оксидные флюсы в зависимости от содержания кремния делятся на безкремнистые ($\text{SiO}_2 < 5\%$), низкремнистые ($6-35\% \text{ SiO}_2$), высокремнистые ($\text{SiO}_2 > 35\%$); по содержанию марганца бывают безмарганцевые ($\text{MnO} < 1\%$), низкомарганцевые ($\text{Mn} < 10\%$), среднемарганцевые ($10-30\% \text{ MnO}$) и высокомарганцевые ($\text{MnO} > 30\%$).

Солеоксидные флюсы содержат меньше оксидов, чем оксидные, и большее количество солей. Количество MnO снижено до $1-9\%$, SiO_2 до $15-30\%$, CaF_2 увеличено до $12-30\%$.

Солевые флюсы не содержат оксидов и состоят из фторидов и хлоридов CaF_2 , NaF , BaCl_2 и др.

Важной характеристикой флюса является его химическая активность, которая определяется по суммарной окислительной способности. Показателем активности является относительная величина (A_ϕ), изменяющаяся от 0 до 1. По активности флюсы делятся на 4 группы: высокоактивные $A_\phi > 0,6$; активные $A_\phi = 0,6-0,3$; малоактивные $A_\phi = 0,3-0,1$; пассивные $A_\phi < 0,1$.

Химический состав флюса зависит от материала, для сварки которого он предназначен. Для сварки низкоуглеродистых сталей применяются оксидные флюсы. При этом используется две комбинации систем сварочная проволока—флюс. Первая система — высокремнистый, высокомарганцевый флюс в сочетании с низкоуглеродистой, нелегированной проволокой, например Св08; Св08А. Вторая система — высокремнистый, низкомарганцевый или безмарганцевый флюс в сочетании с низкоуглеродистой проволокой, легированной марганцем, например Св10Г2.

Первая система получила преимущественное распространение в отечественной практике, вторая - за рубежом. Легирование сварного шва кремнием в обеих системах осуществляется за счет флюса. Легирование марганцем осуществляется в первой системе за счет флюса, во второй - за счет проволоки.

При сварке очень важной является реакция окисления углерода:



Уменьшение количества углерода способствует снижению склонности металла к образованию трещин. Однако эта реакция должна происходить при высоких температурах, когда сварочная ванна жидкая. При пониженных температурах, когда начинается процесс кристаллизации, она может привести к образованию пор.

Поэтому при снижении температуры и начале кристаллизации кремний и марганец восстанавливают железо из окислов.

Выведение серы из металла в шлак осуществляется в основном за счет марганца: $\text{FeS} + \text{MnO} = \text{MnS} + \text{FeO}$.

Важна роль флюса в предупреждении пор при сварке. Она заключается в защите расплавленного металла от воздуха; выделении в атмосферу дуги газов и паров, снижающих концентрацию в ней водорода; выделении в атмосферу дуги газообразных соединений фтора, образующего с водородом нерастворимый в жидкой стали фтористый водород; окислении металла сварочной ванны. Для уменьшения пористости швов в состав флюса вводят обычно фтористый кальций.

Сцепление шлаковой корки со швом связано с образованием на его поверхности окисной пленки во время кристаллизации. Наилучшей отделимостью шлаковой корки обладают высококремнистые безмарганцевые флюсы. С уменьшением количества кремния отделимость ухудшается.

Для сварки низкоуглеродистых сталей разработаны следующие флюсы. Высококремнистые высокомарганцевые - АН-348, ОСЦ-45, ФЦ-6, АНЦ-1, ФЦ-3, ФЦ-9, АН-60; высококремнистые среднемарганцевые - ФЦ-7, АН-65, АН-1; высококремнистые низкомарганцевые - ФВТ-4. По строению частиц все флюсы, за исключением АН-60, стекловидные. Флюс АН-60 имеет пемзовидное строение частиц с размером зерен 0,4-4 мм. Химическая активность всех флюсов, за исключением ФВТ-4, - $A_{\text{ф}} = 0,75-0,9$; для флюса ФВТ-4 - $A_{\text{ф}} = 0,6$.

Для сварки низколегированных сталей применяются флюсы с более низкой химической активностью, чем для низкоуглеродистых. Их активность находится в пределах $A_{\text{ф}} = 0,3-0,6$. Количество оксидов SiO_2 и MnO у них несколько снижено и увеличено количество CaF_2 и основного окисла CaO . Это позволяет уменьшить окисление легирующих элементов, находящихся в стали, улучшить пластичность шва за счет снижения содержания в нем кислорода. Однако снижение активности флюса приводит к ухудшению его сварочно-технологических свойств. Ухудшается формирование шва, отделимость шлаковой корки, возрастает склонность к порообразованию. Поэтому снижение активности $A_{\text{ф}} < 0,3$ нецелесообразно. Наиболее распространенными для сварки низколегированных сталей являются низкокремнистые

низкомарганцевые флюсы - ФЦ-22, ФВТ-1, ФЦ-11, ФЦ-16, АН-43, ФЦ 15; низкокремнистые, среднемарганцевые - АН-42; АН-47.

Для сварки средне- и высоколегированных сталей применяются обычно малоактивные флюсы - $A_{\phi} = 0,1-0,3$ (исключение составляет флюс АН-26, имеющий $A_{\phi} \sim 0,5$). У них еще в большей степени снижено содержание SiO_2 , почти отсутствует MnO . Содержание CaO находится на уровне 8-20%, CaF_2 - 20-60%. Чем более легирована сталь, тем больше во флюсе содержится CaF_2 . Наиболее известными флюсами являются (расположены в порядке снижения активности A_{ϕ}): АН-26; АН-20; АН-15; АН-45; АН-18; ФЦ-17; ФЦ-19; НФ-18; АН-17; АВ-5; ОФ-6.

Полностью солевые флюсы используются при сварке активных металлов, таких, как титан. Присутствие во флюсе даже наиболее устойчивых оксидов, как Al_2O_3 , приводит к загрязнению швов кислородом и резкому падению их пластичности. Поэтому флюсы для сварки титана в своем составе оксидов не содержат. Они строятся на основе фторидов и хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов. Типичный состав флюса следующий: CaF_2 - 85-95%, $BaCl$ - 0-19%; $NaCl$ - 1-6%; $CaCl$ - 0-4%. Технологический процесс представляет собой комплекс операций, выполняемых в определенной последовательности. Компоненты флюса должны храниться на предприятии отдельно по партиям в условиях, регламентированных нормативно-технической документацией. Условия хранения должны исключать возможность обезличивания, смешивания материалов различных марок, загрязнение. При поступлении каждой новой партии на предприятии должен выполняться входной контроль, который заключается в проверке сертификата, визуальном контроле внешнего вида, химическом анализе. Первой операцией в производстве флюса является подготовка шихты, которая включает в себя крупное, среднее и мелкое дробление кусковых компонентов, их мойку и сушку. После этого осуществляется взвешивание и дозировка компонентов по рецепту и смешивание. Второй операцией является выплавка флюса. Выплавка производится в электродуговых или газопламенных печах с объемом печи 0,4-3 тонны шихты. Плавку ведут до полного расплавления шихты и надлежащего раскисления расплавленного флюса. Флюс, выплавленный в газопламенных печах, всегда гранулируется мокрым способом и получается стекловидным. После

электродуговой плавки можно выполнять сухую грануляцию, а также получать пемзовидный флюс.

Третьей операцией является грануляция флюса. Грануляция может производиться мокрым и сухим способом. При мокром способе расплав выливают в 'бассейн, наполненный водой. При соприкосновении с холодной водой расплав флюса делится на мелкие частицы. При сухой грануляции слив расплава осуществляется в металлический поддон или изложницу с последующим дроблением слитка. При сухой грануляции во флюсе содержится меньше водорода. Однако этот процесс менее технологичен, чем мокрая грануляция.

Четвертой операцией является обработка флюса, которая состоит из его сушки, дробления и просеивания. После просеивания мелкую и крупную фракции, не соответствующие ТУ, возвращают на переплав. Последними операциями являются контроль качества флюса и упаковка. Контролируется размер зерен, химический состав, влажность, удельный вес и другие параметры. Может проводиться сварка образцов для проверки сварочно-технологических свойств флюса. Упаковка флюса может производиться в пятислойные бумажные мешки, полиэтиленовые мешки, металлические барабаны или ящики.

Тема 4.5 Защитные газы

Свойства газов, применяемых при сварке плавлением. Классификация газов по их окисляющей способности. ГОСТ 8050-85, ГОСТ 10157-79 при сварке плавлением. Способы получения газов, их транспортировка и хранение. Снабжение газом постов сварки и плазменной резки

Техника безопасности и пожарная безопасность при транспортировке, хранении и применении газов для дуговой и плазменной сварки и резки

Охрана окружающей среды при работе с газами

Литература: [30], с.112-131; [32], с.145-154

Методические рекомендации

Следует изучить свойства газов, применяемых при сварке плавлением, их классификацию по окисляющей способности. ГОСТ 8050-85, ГОСТ 10157-79 при сварке плавлением. Следует рассмотреть способы получения газов, их транспортировку и хранение, а так же снабжение газом постов сварки и плазменной резки.

Далее в обязательном порядке следует повторить технику безопасности и пожарную безопасность при транспортировке, хранении и применении газов для дуговой и плазменной сварки и резки.

И закончить изучение стоит характеристикой охраны окружающей среды при работе с газами.

Раздел 5 Сварочные напряжения и деформации

Тема 5.1 Классификация, причины возникновения сварочных напряжений и деформаций

Определение и классификация сварочных напряжений, возникающих при различных видах сварки плавлением. Температурные и структурные напряжения

Напряжения и деформации массивных стержней при различной степени закрепления детали. Температура нагрева жестко закрепленного элемента, при которой напряжения в нем будут равны пределу текучести

Напряжения и деформации при равномерном нагреве. Расчет сварочных деформаций

Литература: [30], с.171-184; [32], с.235-236

Методические рекомендации

Следует изучить определения и классификацию сварочных напряжений, возникающих при различных видах сварки плавлением. Следует рассмотреть температурные и структурные напряжения, напряжения и деформации массивных стержней при различной степени закрепления детали.

Далее следует ознакомиться с температурой нагрева жестко закрепленного элемента, при которой напряжения в нем будут равны пределу текучести и с напряжениями и деформациями при равномерном нагреве.

И закончить изучение стоит расчетом сварочных деформаций.

Тема 5.2 Деформация и напряжения при сварке стыковых и угловых соединений

Деформации и напряжения при сварке стыковых и угловых соединениях, особенности их возникновения

Угловые деформации при сварке. Деформации при сварке листовых и профильных конструкций

Литература: [30], с.184-192; [32], с.238-243

Методические рекомендации

Следует изучить деформации и напряжения при сварке стыковых и угловых соединениях, особенности их возникновения. Следует рассмотреть угловые деформации при сварке.

Далее следует ознакомиться с деформациями при сварке листовых и профильных конструкций.

Тема 5.3 Меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями

Методы предотвращения или уменьшения остаточных деформаций: рациональное заполнение швов по длине и сечению, жесткое закрепление, обратный выгиб, искусственное охлаждение, предварительный подогрев

Методы снятия внутренних напряжений. Способы исправления изделий, деформированных сваркой, их сущность, достоинства и недостатки

Литература: [30], с.192-200; [32], с.243-248

Методические рекомендации

Следует изучить методы предотвращения или уменьшения остаточных деформаций: рациональное заполнение швов по длине и сечению, жесткое закрепление, обратный выгиб, искусственное охлаждение, предварительный подогрев. Следует рассмотреть методы снятия внутренних напряжений.

Далее следует изучить способы исправления изделий, деформированных сваркой, их сущность, достоинства и недостатки.

Раздел 6 Технологические характеристики основных способов сварки плавлением

Тема 6.1 Технология ручной сварки металлическими электродами

Особенности ручной сварки в различных пространственных положениях. Способы выполнения сварных швов. Параметры режима ручной сварки, их расчет (ГОСТ 5264-80)

Выбор рациональной подготовки кромок, направленный на сбережение энергоресурсов

Высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки. Пути дальнейшего повышения производительности труда

Литература: [30], с.209-228; [32], с.70-78

Методические рекомендации

Следует изучить особенности ручной сварки в различных пространственных положениях, способы выполнения сварных швов. Следует рассмотреть параметры режима ручной сварки, их расчет (ГОСТ 5264-80).

Далее следует ознакомиться с высокопроизводительными способами ручной дуговой сварки и путями дальнейшего повышения производительности труда.

Тема 6.2 Теоретические основы сварки под флюсом

Факторы, обеспечивающие технологические и экономические преимущества сварки под флюсом. Коэффициенты формы шва. Расчет и выбор режимов сварки под флюсом стыковых и угловых швов (ГОСТ 8713-79).

Определение режимов сварки по монограммам. Расчет химического состава наплавленного металла.

Литература: [30], с.228-235; [32], с.78-86

Методические рекомендации

Следует изучить факторы, обеспечивающие технологические и экономические преимущества сварки под флюсом. Следует рассмотреть коэффициенты формы шва.

Далее следует ознакомиться с расчетом и выбором режимов сварки под флюсом стыковых и угловых швов (ГОСТ 8713-79), определением режимов сварки по монограммам и расчетом химического состава наплавленного металла.

И закончить изучение стоит расчетом химического состава наплавленного металла.

Тема 6.3 Особенности технологии различных способов выполнения сварных соединений под флюсом

Автоматическая сварка стыковых односторонних и двухсторонних швов, ее основные особенности, назначение и область применения. Методы предупреждения протекания жидкого металла и шлака в зазоры шва. Автоматическая сварка под флюсом угловых швов

Многодуговая сварка под флюсом, ее основные особенности, назначение и область применения

Сварка под флюсом с применением дополнительного присадочного материала

Применение новых технологий сварки под флюсом, направленных на энергосбережение ресурсов

Литература: [30], с.235-256; [32], с.78-86

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с уяснения понятия автоматической сварки стыковых односторонних и двухсторонних швов, ее основных особенностей, назначением и областью применения. Теперь можно приступать к изучению методов предупреждения протекания жидкого металла и шлака в зазоры шва.

Обзорно необходимо ознакомиться с автоматической сваркой под флюсом угловых швов.

Далее следует ознакомиться с многодуговой сваркой под флюсом, ее основными особенностями, назначением и областью применения.

В заключение темы следует изучить сварку под флюсом с применением дополнительного присадочного материала и применение новых технологий сварки под флюсом, направленных на энергосбережение ресурсов.

Тема 6.4 Технология электрошлаковой сварки

Технологические особенности, назначение и область применения электрошлаковой сварки. Требования к материалам, применяемым при электрошлаковой сварке

Типы сварных соединений, подготовки кромок и сборка под сварку. Технология электрошлаковой сварки продольных и кольцевых швов. Параметры режима электрошлаковой сварки, их влияние на форму и размеры шва

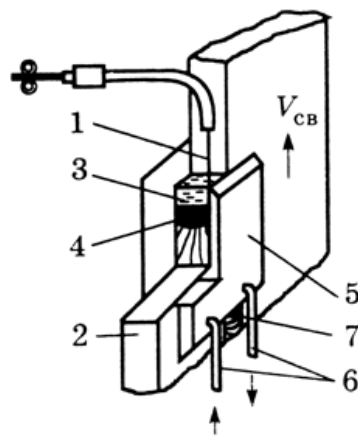
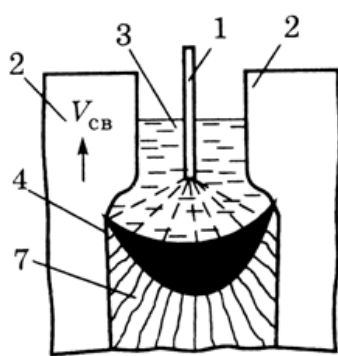
Методика расчета параметров режима электрошлаковой сварки. Пути повышения производительности труда при электрошлаковой сварке

Литература: [30], с.256-270; [32], с.104-106

Методические рекомендации

При электрошлаковой сварке тепло, необходимое для плавления свариваемого металла, образуется за счет прохождения электрического тока через расплавленный шлак, состоящий из оксидов галоидов или их смесей. Две детали 2, подвергающиеся сварке, устанавливаются вертикально с зазором между кромками. Зазор с двух сторон закрывают медные водоохлаждаемые ползуны 5. Снизу зазор также закрывается специальным карманом. В зазор засыпается сварочный флюс и опускается сварочная проволока 1. В процессе сварки проволока подается вниз роликами, токоподвод осуществляется мундштуком. За счет прохождения тока между проволокой и изделием флюс нагревается

и расплавляется. Расплавленный флюс образует шлак 3, который, будучи электропроводным, является источником тепла, приводящим к расплавлению проволоки и кромок и образованию сварочной ванны 4. Электрическая дуга отсутствует, т.к. она шунтируется расплавленным шлаком. Процесс сварки идет снизу вверх. Ползуны, охлаждаемые водой через трубки 6, перемещаются вверх вместе со сварочным автоматом и формируют сварной шов 7. Расплавленный флюс обеспечивает одновременно защиту сварочной ванны и участвует в металлургических процессах, обеспечивающих требуемое качество сварного шва.



электрошлаковой сварки

и невелик и не превышает 1. Флюс используется такой же.

сварки. Основными методами являются электродная сварка, сварка с помощью мундштука. Так как

выделение теплоты в шлаковой ванне происходит главным образом в области электрода, максимальная толщина металла, свариваемого одной проволокой, обычно ограничена 60мм. При больших толщинах целесообразно использовать несколько проволок - обычно кратно трем - числу фаз источника питания. При необходимости проволокам придают колебания поперек зазора для его лучшего заполнения. Сила сварочного тока на одну проволоку составляет $I_{св}=200-600\text{А}$. Напряжения сварки - 26-44В; скорость подачи проволоки - $v_n=100-400\text{ м/ч}$.

Электрошлаковый процесс устойчиво протекает при плотностях тока на порядок ниже, чем дуговой, - около $0,1\text{ А мм}^2$. Поэтому сечение электрода может быть увеличено и проволока заменена пластинчатым электродом, что позволяет повысить производительность процесса сварки.

При сложной конфигурации изделия возможна сварка плавящимся мундштуком, который представляет собой пластинчатый электрод, повторяющий форму свариваемых кромок.

Так как между плавящимся мундштуком и изделием имеется зазор, для его заполнения в сварочную ванну дополнительно через мундштук подается проволока.

Основным достоинством электрошлаковой сварки является возможность сварки за один проход деталей практически любой толщины. Сварка производится без разделки кромок, поэтому ее экономичность повышается с ростом толщины свариваемого металла. Экономически целесообразно ее применять уже начиная с 40 мм, но чаще всего она используется для сварки толщин 100-500 мм. ЭШС применяется при изготовлении массивных станин, валов мощных турбин, толстостенных котлов и барабанов. Ее применение вносит коренные изменения в технологию производства крупногабаритных изделий. Появляется возможность замены крупных литых или кованных деталей сварно-литыми или сварно-коваными из более мелких поковок или отливок.

Тема 6.5 Технология сварки в защитных газах

Оборудование рабочего места для сварки в защитных газах. Классификация способов сварки в защитных газах на Tig (дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов), Mig (дуговая сварка плавящимся электродом в среде инертных газов), Mag (дуговая сварка плавящимся электродом в среде активных газов). Особенности технологии сварки в различных газах и смесях. Сварка плавящимся электродом непрерывно горящей, пульсирующей, импульсной и синхронизированной дугой, назначение, технология, достоинства и недостатки сварки швов в различных пространственных положениях. Особенности сварки поворотных и неповоротных стыков. Шагоимпульсная сварка, ее особенности и назначение. Сварка дугой, вращающейся в магнитном поле, ее особенности и назначение. Сварка в углекислом газе с принудительным формированием

Импульсно-дуговая сварка с использованием инверторных источников питания, управляемых микропроцессорными средствами. Сущность, назначение, область применения. Достоинства и недостатки каждого вида сварки

Параметры режима сварки в защитных газах, их расчет и выбор (ГОСТ 14771-89)

Выбор оптимального состава смесей для отдельных свариваемых материалов, направленный на энергосбережение ресурсов

Литература: [30], с.270-288; [32], с.86-100

Методические рекомендации

Начать изучение данного способа сварки следует с оборудования рабочего места для сварки в защитных газах. Далее следует изучить классификацию способов сварки в защитных газах на Tig (дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов), Mig (дуговая сварка плавящимся электродом в среде инертных газов), Mag (дуговая сварка плавящимся электродом в среде активных газов) и особенности технологии сварки в различных газах и смесях. Далее следует приступить к изучению сварки плавящимся электродом непрерывно горячей, пульсирующей, импульсной и синхронизированной дугой, назначение, технология, достоинства и недостатки сварки швов в различных пространственных положениях и особенностей сварки поворотных и неповоротных стыков. После можно ознакомиться с шагоимпульсной сваркой, ее особенностями и назначением. Далее рассматриваем сварку дугой, вращающейся в магнитном поле, ее особенностями и назначением. Раскрываем сущность сварки в углекислом газе с принудительным формированием.

Следует ознакомиться с импульсно-дуговой сваркой с использованием инверторных источников питания, управляемых микропроцессорными средствами, ее сущностью, назначением, областью применения, достоинствами и недостатками.

В заключение следует произвести выбор и расчет параметров режима сварки в защитных газах (ГОСТ 14771-89), выбор оптимального состава смесей для отдельных свариваемых материалов, направленный на энергосбережение ресурсов.

Тема 6.6 Плазменная, электроннолучевая, лазерная сварка, сварка в космосе

Способы получения плазменной струи для сварки. Параметры режима. Сущность и технология, назначение и область применения

Электронно-лучевая сварка, ее назначение и область применения. Параметры режима, сущность и технология электронно-лучевой сварки

Технология сварки хромоникелевых аустенитных сталей. Сварка высокомарганцовистых сталей

Особенности ручной и автоматизированной сварки высоколегированных сталей, преимущества автоматизированной сварки

Литература: [30], с.443-446; [32], с.100-104, 106-113

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с уяснения способов получения плазменной струи для сварки, параметров режимов, сущности и технологии, назначения и области применения. Теперь можно приступать к изучению электронно-лучевой сварки, ее назначения и области применения, параметров режима, сущности и технологии электронно-лучевой сварки. Обзорно необходимо ознакомиться с технологией сварки хромоникелевых аустенитных сталей, сваркой высоко-марганцовистых сталей.

В заключение темы следует изучить особенности ручной и автоматизированной сварки высоколегированных сталей, преимущества автоматизированной сварки.

Раздел 7 Технология сварки

Тема 7.1 Технология сварки низко- и среднелегированных сталей

Характеристика легированных сталей по свариваемости в зависимости от степени легирования. Эквивалент углерода. Особенности сварки различных групп сталей

Сварка конструкционных среднелегированных сталей. Сварка высокопрочных сталей. Сварка среднеуглеродистых сталей. Сварка глубокозакаляющихся сталей

Технологические особенности проведения различных способов сварки, достоинства и недостатки

Литература: [30], с.288-310; [32], с.156-192

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с характеристики легированных сталей по свариваемости в зависимости от степени легирования. Теперь можно приступать к изучению эквивалента углерода и особенностей сварки различных групп сталей. Обзорно необходимо ознакомиться со сваркой конструкционных среднелегированных сталей, сваркой высокопрочных сталей, сваркой среднеуглеродистых сталей, сваркой глубокозакаляющихся сталей.

В заключение темы следует изучить технологические особенности проведения различных способов сварки, достоинства и недостатки.

Тема 7.2 Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов

Металлургические особенности сварки высоколегированных сталей и сплавов. Горячие и холодные трещины при сварке высоколегированных сталей и сплавов. Технология сварки хромистых сталей, ее основные этапы

Технология сварки хромоникелевых аустенитных сталей. Сварка высокомарганцовистых сталей

Особенности ручной и автоматизированной сварки высоколегированных сталей, преимущества автоматизированной сварки

Литература: [30], с.310-339; [32], с.192-210

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с изучения металлургических особенностей сварки высоколегированных сталей и сплавов, следует охарактеризовать горячие и холодные трещины при сварке высоколегированных сталей и сплавов. Теперь можно приступить к изучению технологии сварки хромистых сталей, ее основных этапов. Обзорно необходимо ознакомиться с технологией сварки хромоникелевых аустенитных сталей, сваркой высоко-марганцовистых сталей.

В заключение темы следует изучить особенности ручной и автоматизированной сварки высоколегированных сталей, преимущества автоматизированной сварки.

Тема 7.3 Технология сварки разнородных и двухслойных сталей

Диффузионные процессы в соединениях из разнородных сталей и их вероятные последствия. Технологические варианты получения сварных соединений из разнородных сталей, их сущность и назначение

Технологические особенности сварки двухслойных сталей. Технология сварки типовых соединений двухслойных сталей

Литература: [30], с.339-355

Методические рекомендации

Изучая диффузионные процессы в соединениях из разнородных сталей и их вероятные последствия, следует не только запомнить технологические варианты получения сварных соединений из разнородных сталей, их сущность и назначение, но и изучить технологические особенности сварки двухслойных сталей, технологию сварки типовых соединений двухслойных сталей.

Тема 7.4 Технология сварки алюминия, его сплавов и сплавов на магниевой основе

Характеристика алюминиевых сплавов с точки зрения их свариваемости. Факторы, затрудняющие сварку алюминия. Характеристика основных способов сварки алюминиевых сплавов. Технология сварки алюминиевых сплавов различными способами. Автоматическая сварка алюминия, ее преимущества

Перспективные виды сварки алюминия

Особенности сварки сплавов на магниевой основе

Литература: [30], с.379-401; [32], с.219-226

Методические рекомендации

Следует охарактеризовать алюминиевые сплавы с точки зрения их свариваемости. Затем изучить факторы, затрудняющие сварку алюминия. После стоит охарактеризовать основные способы сварки алюминиевых сплавов. В заключение следует разобраться с технологией сварки алюминиевых сплавов различными способами и автоматической сваркой алюминия, ее преимуществами и перспективными видами сварки. Не стоит оставлять без внимания особенности сварки сплавов на магниевой основе.

Тема 7.5 Технология сварки титана и его сплавов

Взаимодействие титана с кислородом, азотом, углеродом и водородом. Факторы, затрудняющие сварку титановых сплавов. Защитные камеры и другие устройства, применяемые для сварки титана. Технология сварки титановых сплавов различными способами: их сущность, назначение и область применения. Автоматическая сварка титана, ее преимущества

Литература: [30], с.401-417; [32], с.231-235

Методические рекомендации

Следует охарактеризовать взаимодействие титана с кислородом, азотом, углеродом и водородом. После стоит охарактеризовать факторы, затрудняющие сварку титановых сплавов, а так же защитные камеры и другие устройства, применяемые для сварки титана. В заключение следует разобраться с технологией сварки титановых сплавов различными способами: их сущностью, назначением и областью применения. Не стоит оставлять без внимания автоматическую сварку титана, ее преимущества.

Тема 7.6 Технология сварки меди, никеля и их сплавов

Свойства меди, затрудняющие ее сварку. Технология сварки меди и ее сплавов различными способами: их сущность, назначение и область применения. Сварка латуней и бронз

Особенности технологии сварки никеля и его сплавов

Литература: [30], с.417-429; [32], с.226-231

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с изучения свойства меди, затрудняющих ее сварку. Теперь можно приступать к изучению технологии сварки меди и ее сплавов различными способами: их сущности, назначения и области применения. Обзорно необходимо ознакомиться со сваркой латуней и бронз.

В заключение темы следует изучить особенности технологии сварки никеля и его сплавов.

Раздел 8 Технология наплавки твердых сплавов и сварка чугуна

Тема 8.1 Технология наплавки твердых сплавов

Классификация и характеристика способов наплавки. Однослойная и многослойная наплавка, ее сущность и назначение. Наплавка порошковой проволокой и лентой

Механизированные способы наплавки и их преимущества. Автоматическая наплавка под флюсом и в среде защитных газов.

способы легирования наплавленного слоя. Наплавка порошкообразными, литыми и электродными твердыми сплавами

Литература: [30], с.355-366

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с изучения классификации и характеристики способов наплавки, однослойной и многослойной наплавка, ее сущности и назначения. Теперь можно приступать к изучению наплавки порошковой проволокой и лентой. Обзорно необходимо ознакомиться с механизированными способами наплавки и их преимуществами.

В заключение темы следует изучить автоматическую наплавку под флюсом и в среде защитных газов, способы легирования наплавленного слоя и наплавку порошкообразными, литыми и электродными твердыми сплавами.

Тема 8.2 Технология сварки чугуна

Структурные превращения при сварке чугуна и особенности его сварки. Характеристика основных способов электрической сварки чугуна: их особенности, назначение и область применения

Технология сварки чугуна различными способами

Литература: [30], с.366-379; [32], с.210-219

Методические рекомендации

Следует вначале изучить структурные превращения при сварке чугуна, а затем переходить к особенностям его сварки. Далее следует дать характеристику основных способов электрической сварки чугуна, описать их особенности, назначение и область применения.

В заключение изучить технологию сварки чугуна различными способами.

Раздел 9 Технология термической резки

Сущность и разновидности дуговой резки металлов, ее назначение и область применения. Режимы резки. Технология разделительной дуговой резки и поверхностной строжки. Плазменная резка.

Назначение, область применения. Лазерная резка. Назначение область применения. Автоматизация процессов резки. Пути повышения производительности при дуговой и воздушно-дуговой резке металлов. Горение дуги под водой. Сущность и особенности сварки и резки под водой, ее назначение и область применения. Электроды, их покрытия. Технология процессов подводной сварки. Режимы сварки. Технология подводной резки. Режимы сварки. Автоматизация режимов резки и сварки под водой

Методические рекомендации

Изучение рекомендуется начать с изучения сущности и разновидности дуговой резки металлов, ее назначения и области применения, режимы резки, технологии разделительной дуговой резки и поверхностной строжки. Теперь можно приступить к изучению плазменной резки, назначения, области применения. Обзорно необходимо ознакомиться с лазерной резкой, назначением областью применения.

В заключение темы следует изучить автоматизацию процессов резки и пути повышения производительности при дуговой и воздушно-дуговой резке металлов. Изучение рекомендуется начать с изучения горения дуги под водой и сущности и особенностей сварки и резки под водой, ее назначения и области применения. Теперь можно приступить к изучению электродов, их покрытия. Обзорно необходимо ознакомиться с технологией подводной сварки.

В заключение темы следует изучить режимы сварки и охарактеризовать автоматизацию режимов резки и сварки под водой.

Литература: [30], с.429-434, [30], с.434-443; [32], с.113-117

Список используемых источников

- 1 СТБ 1016-96. Соединения сварные. Общие технические условия.
- 2 ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка Соединения сварные. Основные швы, конструктивные элементы и размеры.
- 3 ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 4 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 5 ГОСТ 11534-75. Ручная дуговая сварка Соединения сварные под острым и тупым углом.
- 6 ГОСТ 11533-75. Сварка под флюсом. Соединения сварные под острым и тупым углом.
- 7 ГОСТ 23518-79. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острым и тупым углом.
- 8 ГОСТ 14806-80. Дуговая сварка алюминия в инертных газах.
- 9 ГОСТ 15164-78. Электрошлаковая сварка Соединения сварные.
- 10 ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов.
- 11 ГОСТ 16098-80. Соединения сварные из двухслойных коррозионно-стойких сталей.
- 12 ГОСТ 14098-91. Сварка арматуры и закладных деталей.
- 13 ГОСТ 9466-75. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.
- 14 ГОСТ 9467-75. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционные и теплоустойчивых сталей. Типы
- 15 ГОСТ 23949-80. Electroды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия.
- 16 ГОСТ 10051-75. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы
- 17 ГОСТ 10052-75. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы
- 18 ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия.
- 19 ГОСТ 10543-82. Проволока стальная наплавочная. Технические условия.
- 20 ГОСТ 16130-90. Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные. Технические условия.

21 ГОСТ 7871-75. Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.

22 ГОСТ 26101-84. Проволока порошковая наплавочная. Технические условия.

23 ГОСТ 26271-84. Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия.

24 ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.

25 ГОСТ 20461-75. Гелий газообразный. Метод определения объемной доли примесей эмиссионным спектральным анализом.

26 ГОСТ 8050-85, Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия,

27 ГОСТ 9087-81 Е. Флюсы сварочные наплавленные. Технические условия.

28 Верховенко, Л.В. Справочник сварщика / Л.В.Верховенко, А.К.Тунин. – Мн.: Вышэйшая школа.

29 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением. Лабораторные работы / С.И.Думов. – М.: Машиностроение, 1982. – 151 с.

30 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / С.И.Думов. – М.: Машиностроение, 1987. – 458 с.

31 Карказов, Э.С. Справочник молодого электросварщика / Э.С.Карказов, Р.И.Мустафаев. – И.: Вышэйшая школа, 1992. – 304 с.

32 Куликов, В.П. Технология сверки плавлением. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 256 с.

33 Куликов, В.П. Технология и оборудованию сварки плавлением и термической резки / В.П.Куликов. – Мн.: Экоперспектива, 2003. – 415 с.

34 Куликов, В. П. Технология и оборудование сварки плавлением / В.П.Куликов. – М.: ММИ, 1998. – 256 с.

35 Лупачев, В.Г. Сварочные работы: учебное пособие / В.Г.Лупачев. – Мн.: Вышэйшая школа, 1997. – 320 с.

36 Патон, Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов давлением / Б.Е.Патон. – М.: Машиностроение, 1974. – 756 с.

37 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г.Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 238 с.

38 Степанов, В.В. Справочник сварщика / В.В.Степанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 559 с.

Перечень примерных вопросов к экзамену по учебному предмету «Технология сварки плавлением»

1 Дайте определение сварки как процесса. Расскажите историю развития дуговой сварки.

2 Объясните методику определения площади сечения металла шва и количества проходов наплавленного металла.

3 Укажите роль русских ученых, исследовательских институтов в развитии сварки.

4 Перечислите технико-экономические преимущества электрической сварки плавлением.

5 Дайте понятие о режиме сварке. Укажите величины, определяющие режим ручной сварки и методику их расчета.

6 Охарактеризуйте виды и способы сварки плавлением и их особенности.

7 Приведите классификацию дуговой сварки.

8 Перечислите способы зажигания дуги и перемещения конца электрода при дуговой сварке.

9 Охарактеризуйте сущность основных способов сварки плавлением.

10 Перечислите способы выполнения швов по длине и сечению.

11 Охарактеризуйте сварочную дугу и сущность процессов, протекающих в ней.

12 Изложите особенности ручной сварки швов в различных пространственных положениях.

13 Охарактеризуйте катодную, анодную области и столб дуги. Укажите процессы, протекающие в них.

14 Перечислите пути повышения производительности труда при ручной сварке.

15 Дайте определение статистической вольт-амперной характеристики дуги и укажите ее влияние на условия горения дуги. Влияние рода тока на устойчивость горения дуги.

16 Объясните технику безопасности при дуговой сварке.

17 Укажите особенности горения дуги в аргоне, гелии и углекислом газе.

18 Приведите классификацию методов сварки под флюсом и их технологические преимущества.

19 Дайте определение магнитного дутья. Укажите влияние собственного и постороннего магнитного поля на дугу.

20 Объясните влияние параметров режима автоматической сварки под флюсом на форму и размеры шва.

21 Объясните действие ферромагнитных масс на столб дуги. Меры по уменьшению магнитного отдувания дуги.

22 Охарактеризуйте автоматическую сварку под флюсом стыковых швов и меры предупреждения протекания металла и шлака в зазор.

23 Объясните процесс переноса металла через дугу и укажите факторы, способствующие переносу капель металла.

24 Выявите пути повышения производительности труда при ручной дуговой сварке.

25 Охарактеризуйте электрическую, тепловую и эффективную тепловую мощности дуги, эффективный КПД.

26 Объясните методику расчета параметров режима автоматической сварки под флюсом стыковых швов.

27 Назовите технологические особенности и область применения электрошлаковой сварки.

28 Охарактеризуйте величины, определяющие производительность процесса дуговой сварки. Коэффициенты плавления, наплавки и потерь на угар и разбрызгивание.

29 Укажите типы сварных соединений, подготовку кромок и особенности сборки под сварку при электрошлаковой сварке.

30 Объясните методику расчета погонной энергии.

31 Охарактеризуйте стальную сварочную проволоку. Объясните назначение проволоки и требования к ней, принятую систему маркировки.

32 Объясните методику расчета параметров режима автоматической сварки под флюсом угловых швов.

33 Назовите технологические особенности сварки в защитных газах.

34 Охарактеризуйте сварочную проволоку из цветных металлов. ГОСТ на проволоку и принятая система маркировки.

35 Назовите область применения неплавящихся угольных, графитовых и вольфрамовых электродных стержней.

36 Охарактеризуйте пост для сварки в защитных газах.

37 Укажите требования, предъявляемые к толстопокрытым электродам, перечислите функции, выполняемые материалами электродных покрытий.

38 Охарактеризуйте способы и технику сварку в защитных газах стыковых, угловых швов и швов в различных пространственных положениях.

- 39 Дайте классификацию электродов по ГОСТ 9466-75.
- 40 Охарактеризуйте вертикальную автоматическую сварку в защитных газах с принудительным формированием.
- 41 Укажите, что обозначает тип электрода, марка электрода.
- 42 Охарактеризуйте сварку низколегированных незакаливающихся сталей.
- 43 Укажите классификацию электродов согласно ГОСТ 152-88; ГОСТ 151-88.
- 44 Охарактеризуйте сварку низколегированных теплоустойчивых сталей.
- 45 Назовите виды электродных покрытий. Перечислите операции, составляющие технологический процесс изготовления электродов.
- 46 Объясните особенности сварки закаливающих сталей.
- 47 Укажите требования, предъявляемые к флюсам.
- 48 Высоколегированные стали. Объясните особенности сварки высоколегированных сталей.
- 49 Укажите газы, применяемые при электрической сварке плавлением. Укажите способы их хранения и транспортировки.
- 50 Охарактеризуйте сварку хромистых и хромоникелевых высоколегированных сталей.
- 51 Укажите особенности металлургии сварки. Перечислите пути окисления металла в сварочной ванне.
- 52 Охарактеризуйте наплавку твердых сплавов.
- 53 Укажите влияние на металл шва кислорода, азота, водорода.
- 54 Охарактеризуйте технологию сварки чугуна.
- 55 Назовите основные виды электродных покрытий.
- 56 Охарактеризуйте технологию сварки алюминия и его сплавов.
- 57 Объясните характер кристаллизации металла шва. Зональная и дендритная ликвация.
- 58 Охарактеризуйте технологию сварки меди и ее сплавов.
- 59 Назовите зоны термического влияния.
- 60 Охарактеризуйте технологию сварки титана и его сплавов.
- 61 Перечислите причины образования пор и трещин в сварных швах и меры их предупреждения.
- 62 Охарактеризуйте электродуговую и воздушнодуговую резку металлов.
- 63 Дайте определение и классификацию сварочных напряжений и деформаций.
- 64 Охарактеризуйте дуговую подводную сварку и резку металлов.

65 Укажите напряжение и деформации при равномерном и неравномерном нагреве.

66 Охарактеризуйте сварку латуни и бронзы.

67 Перечислите особенности сварки в космосе.

68 Охарактеризуйте плазменную сварку металлов.

69 Назовите меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями.

70 Охарактеризуйте электронно-лучевую сварку металлов.

71 Назовите виды сварных соединений и швов.

72 Охарактеризуйте лазерную сварку металлов.

Задания на домашнюю контрольную работу по учебному предмету «Технология сварки плавлением»

1 Какова роль русских и советских ученых в создании основ и развития сварочного производства? Объясните народнохозяйственное значение сварки.

2 Дайте определение сварки, как процесса и условия получения сварного соединения.

3 Назовите технологические и экономические преимущества сварки перед другими способами соединения металлов.

4 Укажите виды сварки плавлением в зависимости от источника нагрева (дайте краткую характеристику).

5 Назовите способы дуговой сварки в зависимости от вида защиты зоны сварки и от степени механизации процесса сварки (приведите схемы процесса и дайте краткую характеристику).

6 Назовите способы сварки плавлением в зависимости от свойств электродов, рода тока, от условий горения дуги и ее типа, полярности тока (приведите схемы процессов и дайте краткую характеристику).

7 Опишите сущность и укажите преимущества сварки под флюсом.

8 Укажите разновидности и преимущества сварки в защитных газах.

9 Дайте характеристику и опишите сущность процесса сварки плазменной струей (приведите схемы процессов).

10 Дайте определение понятию «сварочная дуга». Опишите электрические свойства дуги.

11 Что такое потенциал ионизации? Опишите процесс ионизации газов в дуговом промежутке.

12 Какие процессы протекают в момент возникновения сварочной дуги? Из каких основных участков она состоит? Приведите схему сварочной дуги.

13 Что такое статистическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги? Каково ее влияние на условия горения дуги?

14 Каковы особенности сварочной дуги, питаемой переменным током?

15 Как влияют инертные газы на стабильность горения дуги?

16 Чем объясняется необходимость обратной полярности при сварке в углекислом газе?

17 Какова причина возникновения магнитного дутья дуги? Объясните влияние собственного и постороннего магнитного поля на дугу. Объясните влияние ферромагнитных масс.

18 Опишите механизм переноса металла через дугу (приведите схему образования капли и перенос ее через дугу).

19 Что включает в себя понятие «тепловой баланс дуги», электрическая, тепловая и эффективная тепловая мощность процесса электрической сварки плавлением?

20 Что понимается под коэффициентом плавления, наплавки, и потери металла на угар и разбрызгивание? Укажите факторы, влияющие на эти показатели.

Задача 21-30. Определите массу наплавленного металла при ручной дуговой сварке по данным таблицы 1.

Таблица 1

Номер задачи	Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Время горения дуги, ч
21	АНО-1	6,0	0,9
22	УОНИ-13/45	5,0	0,5
23	АНО-4	4,0	0,8
24	ОЗС-3	3,0	0,4
25	УП-2/559	2,0	0,7
26	ЦЛ-14	4,0	0,4
27	НЖ-13	2,5	0,6
28	ЗИО-3	6,0	0,5
29	УОНИ-13/55	3,0	0,8
30	УП-2/459	5,0	1,0

Методические рекомендации к решению задач 21-30

1 По литературным данным установите и укажите: тип электрода, характер покрытия, назначение, величину коэффициента наплавки, силу сварочного тока, рекомендованную для заданного диаметра электрода.

2 Определите количество наплавленного металла по формуле:

$$m_{\text{н.м.}} = \eta_{\text{н}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_{\text{св}} \cdot \rho, \quad (1)$$

где $m_{н.м.}$ – масса наплавленного металла, г;

α_n – коэффициент наплавки, показывающий, сколько металла с плавящегося электрода под действием сварочного тока 1 А перейдет на основной материал (металл) в единицу времени, г/Ач;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

t_0 – время горения дуги, ч.

Литература: [32], с. 56-59

31 Стальная сварочная проволока: ГОСТ, классификация, назначение, виды, пример условного обозначения

32 Порошковые проволоки и ленты: конструкции, типы, особенности применения

33 Неплавящиеся электродные стержни: виды, особенности, применения, маркировка

34 Перечислите основные функции материалов электродных покрытий, виды покрытий, требования, предъявляемые к средне- и толстопокрытым электродам.

35 Укажите ГОСТы на электроды для сварки и наплавки. Классифицируйте указанные электроды по назначению.

Задания 36-57. Расшифруйте условные обозначения электродов для дуговой сварки сталей (таблица 2).

Необходимо: указать тип и марку электрода; расшифровать тип электрода; указать диаметр электрода; определить назначение электрода; указать толщину покрытия; определить вид покрытия; определить допустимое пространственное положение и требования электропитания дуги при сварке указанными электродами.

Таблица 2

Номер задачи	Условные обозначения	Номер задачи	Условные обозначения
	По ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75		По ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10052-75
36	Э42А-СМ-11-5,0-УД Е-43-2/3Б16	47	Э-02Х21Н10Г2-03Л-22-3,0-ВД Е-2006-П10

Продолжение таблицы 2

Номер задачи	Условные обозначения	Номер задачи	Условные обозначения
	По ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75		По ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10052-75
37	<u>Э-09Х1МФ-ЦЛ-39-2, 5ТДЕ-06-Б20</u>	48	<u>Э-04Х20Н9-03Л-36-4,0-ВГ Е-2006-РБ20</u>
38	<u>Э100-ОЗШ-1-2,5-ЛД Е-13Г1ХМ-0-5,20</u>	49	<u>Э-07Х20Н9-03Л-8-3,0-ВД Е-2004-Б20</u>
39	<u>Э-09ХМ-ОЗС-11-4,0-ТСЕ-03-РБ23</u>	50	<u>Э-09ХТ9Н1ОГ2М2Б-НЖ-13-3, 0-ВОЕ-2005-Б20</u>
40	<u>Э60-ВСЦ-60-5,0-ЛС Е-11ГНМ-3-Ц14</u>	51	<u>Э-10Х25Н13Г2-03Л-6-5,0-ВД Е-2975-Б20</u>
41	<u>Э42-ОЗС-23-2,0УГ Е/41-0-Р23</u>	52	<u>Э-10Х20Н9Г6С-НИИ-48Г-4,0-ВСЕ-0050-Б10</u>
42	<u>Э-09Х1МФ-ЦЛ-39-2, 5-ТСЕ-06-Б20</u>	53	<u>Э28Х24Н16Г6-ОЗЛ-9А-2,5-ВД Е-097-ПБ20</u>
43	<u>Э46-МР-3-5,0-УД Е-43-1/3/-РБ23</u>	54	<u>Э-12Х24Н1402-ОЗЛ-5-5,0-ВС Е-0075-П10</u>
44	<u>Э-09Х1МФ-ТМЛ-3У-4,0-ТГ Е-06-Р20</u>	55	<u>Э-08Х20Н9Г2Б-ОЗЛ-7-2,5-ВГ Е-2005-Б20</u>
45	<u>Э46А-ОЗС-22Р-6,0-У ДЕ-43-2/3/-БРЖ14</u>	56	<u>Э04Х20Н9-ОЗЛ-14А-3,0-ВС Е-2006-Р20</u>
46	<u>Э50А-УП-2/55У-Δ4-У ДЕ-522016-Б10</u>	57	<u>Э03Х23Н27МЗДГ2Б-ОЗЛ-17У -Δ3-ВДЕ-2006-Б20</u>

Методические рекомендации к решению заданий типа 36-57

Решение заданий предусматривает значение требований ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10052-75 в частности обозначений типов электродов, видов электродных покрытий и структурной схемы обозначения электродов.

Литература: [32], с. 82-97

Пример решения заданий типа 36-57

Необходимо по условным обозначениям электродов для дуговой сварки сталей:

Э42А-УОНИ-13/45-5,0-УД
Е 41 2/5/-Б20

ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75,

Э-02Х21Н10Г2-03Л-22-3,0-ВД ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75,
Е-2006-П10

- указать тип марку электрода;
- расшифровать тип электрод;
- указать диаметр электрода;
- определить назначение электрода;
- указать толщину покрытия;
- определить вид покрытия;
- определить допустимое пространственное положение и требования к электропитанию дуги при сварке указанными электродами.

1 Э42А-УОНИ-13/45-5,0-УД ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75
Е 41 2/5/-Б20

1.1 Электрод типа Э42А марки УОНИ-13/45.

1.2 Тип электрода Э42А устанавливается по ГОСТ 9467-75, где Э – металлический покрытый электрод для ручной дуговой сварки, 42 – минимальное временное сопротивление наплавленного металла (420 МПа), А – электрод данного типа обеспечивает более высокие пластические свойства наплавленного металла.

1.3 5,0 – диаметр электрода, мм.

1.4 У – указывает назначение электрода. Данный электрод предназначен для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением $\sigma_a < 600$ МПа (60 кгс/мм²).

1.5 Д – обозначение толщины покрытия – толстое ($1,145 < D/d \leq 1,80$).

1.6 Е-41 2/5/ - группа индексов характеризующая металл шва:

σ_a - 410 Н/мм²; δ_s – 22%; T_x - 40°С.

1.7 Б – обозначение вида покрытия – основное.

1.8 2 – допустимое пространственное положение электрода при сварке. Электрод с покрытием этого типа применяется для сварки во всех пространственных положениях кроме вертикального – сверху вниз.

1.9 О – требование к электропитанию дуги. Электрод с покрытием этого вида применяется для сварки на постоянном токе обратной полярности.

2 Э-02Х21Н10Г2-03Л-22-3,0-ВД ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75,
Е-2006-П10

Рекомендация: расшифровку данного электрода необходимо вести в той же последовательности с учетом требований ГОСТ 10052-75 в части обозначения типа электрода.

58 Перечислите требования, предъявляемые к сварочным флюсам (ГОСТ, регламентирующий указанные требования, классификацию флюсов).

59 Указать, какие защитные газы применяются при сварке плавлением (перечислите их ГОСТы). Каковы их физические свойства? Принятая система окраски и маркировки баллонов для защитных газов

60 Назовите основные причины, вызывающие изменения химического состава металла шва.

61 Каким образом влияет попавший в шов кислород, водород и азот на качество сварного шва?

62 Охарактеризуйте осаждающее и диффузионное раскисление.

63 Охарактеризуйте рафинирование металла шва.

64 Назовите металлургические процессы при сварке электродами с покрытием основного вида.

65 Каковы особенности металлургических процессов при сварке под флюсом?

66 Каковы особенности металлургических процессов при сварке в защитных газах (инертных, активных)?

67 Опишите процесс кристаллизации металла шва и околошовной зоны (приведите схему).

68 Укажите причины возникновения горячих и холодных трещин в сварных соединениях, меры предупреждения их образования.

69 Укажите причины возникновения пор в сварных соединениях, меры предупреждения их образования.

70 В чем заключается коррозия сварных соединений? Укажите меры повышения коррозионной стойкости сварных швов.

71 Дайте определение понятий: сварное соединение, сварной шов, кромка, угол скоса кромки, притупление, зазор.

72 Классифицируйте типы сварных швов по виду соединений, по форме подготовки кромок и методу заполнения (приведите эскизы указанных швов).

73 Классифицируйте типы сварных швов по форме наружной поверхности, по положению шва в пространстве в момент их выполнения, по протяженности, по характеру выполнения (приведите эскизы указанных швов).

74 В чем заключается особенность методики определения площади сечения металла шва и количества проходов наплавленного металла?

75 Назовите классификацию и обозначения сварных соединений.

76 Опишите типы сварных соединений – стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные, дайте характеристику.

77 Укажите подготовку кромок для различных типов сварных соединений.

78 Укажите обозначение сварных соединений на чертежах. Приведите примеры.

79 Дайте понятие о сварочных напряжениях и деформациях; объясните влияние их на качество сварных конструкций и соединений.

80 Укажите меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями.

81 Перечислите возможные способы зажигания дуги и перемещения конца электрода при ручной дуговой сварке (приведите эскизы видов перемещения).

82 Укажите способы выполнения швов при ручной дуговой сварке в зависимости от их длины и толщины свариваемого металла (приведите эскизы швов).

83 Каковы особенности сварки швов в положениях, отличных от нижнего?

84 Укажите пути уменьшения основного времени сварки.

Задача 85-94. Рассчитать параметры режима ручной дуговой сварки для стыкового соединения по данным таблицы 3.

Таблица 3

Номер задачи	Толщина свариваемых деталей, мм	Площадь наплавленного металла, F_n , мм ²	Коэффициент наплавки α_n , г/Ач	Положение в пространстве
85	40,0	360	15,0	Нижнее
86	3,0	5	7,8	Горизонтальное
87	16,0	150	10,0	Вертикальное
88	4,0	22	8,0	Потолочное
89	18,0	200	13,5	Нижнее
90	8,0	35	10,5	Горизонтальное
91	18,0	110	14,5	Вертикальное
92	6,0	30	7,8	Потолочное

93	20,0	200	9,0	Нижнее
94	10,0	100	9,5	Горизонтальное

Методические рекомендации решению задач 85-94

Решение задач предусматривает определение параметров режима ручной дуговой сварки, а именно: диаметра электрода d_e , силы сварочного тока $I_{св}$, скорости перемещения электрода вдоль шва (скорости сварки) $V_{св}$, количество проходов n .

При определении параметров режима сварки необходимо помнить, что сварка швов в положениях, отличных от нижнего, имеет ряд особенностей как в технике исполнения, так и в определении параметров. Сварка вертикальных и горизонтальных швов ведется диаметром электрода не более 4-5 мм, а сварочный ток должен быть снижен на 15-20% по сравнению с нижней сваркой. Сварку потолочных швов выполняют диаметром электрода не более 4 мм, сварочным током на 20-25% меньше, чем при нижней сварке. Все расчетные формулы приведены для сварки швов в нижнем положении.

1 Диаметр электрода d_e при ручной дуговой сварке выбирается в зависимости от толщины свариваемых деталей по таблице 4 и с учетом пространственного расположения шва.

При ручной сварке многопроходных швов первый проход выполняется электродом диаметром 3-4 мм, так как применение электродов большего диаметра затрудняет провар корня шва.

Таблица 4

Толщина свариваемого металла, мм	1,5-2,0	3,0	4,0-8,0	9,0-12,0	13,0-15,0	16 и более
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6-2,0	3,0	4,0	4,0-5,0	5,0	6,0

2 При определении числа проходов n следует учитывать, что сечение первого прохода не должно превышать 30-35 мм² (площадь сечения шва рассматривается только как площадь наплавленного металла) и может быть определена по формуле:

$$F_1 = (6 - 8)d_{\dot{y}} \quad (2)$$

а последующих проходов по формуле:

$$F_n = (8 \dots 12)d_{\dot{y}}, \quad (3)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения первого прохода, мм²;

F_n – площадь поперечного сечения последующих проходов, мм².

Зная площадь сечения сварного шва A_n , площадь поперечного сечения первого и последующих проходов, можем определить общее число проходов:

$$n = \frac{F_1 - F_1}{F_n} + 1 \quad (4)$$

Рекомендация: определите площадь поперечного сечения первого прохода, сравните его с площадью наплавленного металла, заданного в условии задачи. Если площадь металла, наплавленного на первый проход, меньше заданной, то это значит, что сварку следует вести за несколько проходов. Тогда рассчитайте площадь поперечного сечения последующих проходов и определите число проходов.

3 Сила сварочного тока определяется по формуле 5 настоящих методических указаний. При этом необходимо помнить о количестве проходов и о том, что сварка первого прохода выполняется всегда электродами меньшего диаметра, чем сварка последующих проходов. Следовательно, значение сварочного тока необходимо рассчитывать для первого и последующих проходов с учетом определенных значений диаметров электрода. Для приближенных подсчетов сварочный ток может быть определен по эмпирической формуле:

$$I_{ca} = k d \quad (5)$$

где d – диаметр стержня электрода, мм;

k – коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра электрода.

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

4 Скорость сварки $V_{\text{св}}$, выполненной за один проход, определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n I_{\text{св}}}{\gamma F_{\text{н.м.}} \times 100}, \quad (6)$$

где $V_{\text{св}}$ – скорость сварки (скорость передвижения дуги), м/ч;

α_n – коэффициент наплавки, г/Ач;

$I_{\text{св}}$ – сварочный ток, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

$F_{\text{н.м.}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см²;

100 – количество сантиметров в метре сварного шва.

Внимание! При проведении расчетов не забудьте перевести площадь наплавленного металла, заданную в мм², в см².

5 Напряжение на дуге U_d при ручной дуговой сварке изменяется в пределах 20-36 В и при проектировании технологических процессов ручной дуговой сварки не регламентируется.

Литература: [32], с. 209-212

95 Назовите технологические особенности автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом; факторы, способствующие повышению производительности процесса сварки и качеству сварных соединений.

96 Назовите технологические способы выполнения стыковых соединений односторонней автоматической сварки под флюсом. Перечислите требования к сборке под сварку указанных соединений, приведите схемы сварки, дайте краткое описание.

97 Назовите технологические способы выполнения стыковых соединений двусторонней автоматической сваркой под флюсом. Перечислите требования к сборке под сварку указанных соединений, приведите схемы сварки, дайте краткое описание.

98 Назовите технологические способы выполнения автоматической сваркой под флюсом угловых швов. Перечислите требования к сборке под сварку указанных соединений, приведите схемы сварки, дайте краткое описание.

99 Какие существуют меры предупреждения протекания жидкого металла и шлака в зазоры при сварке под флюсом стыковых и угловых швов (приведите схемы и дайте краткое описание)?

100 Назовите особенности применения и технику механизированной сварки под флюсом.

Задача 101-110. Рассчитать параметры режима сварки под флюсом для сварного соединения по данным таблицы 5. Указать тип соединения, привести его эскиз в соответствии с ГОСТ 8713-79.

Таблица 5

Номер задачи	Вид соединения	Толщина металла, мм	Выполнение шва
101	Нахлесточное	8,0	Одностороннее
102	Тавровое	10,0	Двустороннее
103	Тавровое	14,0	Одностороннее
104	Стыковое	20,0	Двустороннее
105	Нахлесточное	6,0	Одностороннее
106	Тавровое	10,0	Одностороннее
107	Стыковое	18,0	Двустороннее
108	Нахлесточное	10,0	Одностороннее
109	Тавровое	5,0	Одностороннее
110	Стыковое	8,0	Одностороннее

Методические рекомендации к решению задач типа 101-110

Решение задач предусматривает определение параметров режима автоматической сварки под флюсом, а именно: силы сварочного тока $I_{св}$, напряжение на дуге U_d , скорости перемещения дуги (скорости сварки) $V_{св}$, диаметра электрода $d_э$, и скорости подачи сварочной проволоки.

Расчет режима сварки производится всегда для конкретных случаев, когда известен тип соединения и все данные по шву и технологическому процессу. Поэтому до начала расчета, в соответствии с заданием по рекомендациям ГОСТ 8713-79, следует установить вид соединения, его форму, размеры и изобразить их в натуральную величину или в масштабе с сохранением оптимальных размеров по глубине провара h , ширину шва e , высоте усиления q , площади сечения наплавленного металла одностороннего шва или отдельных проходов F_n и общую площадь многостороннего шва F_m . При этом необходимо помнить, что максимальное сечение одностороннего автоматного шва обычно не должно превышать 100 мм^2 .

Расчет основных параметров режима сварки рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1 В тетради в натуральную величину или в определенном масштабе вычеркивается сварное соединение, которое требуется сварить. На чертеж наносят контуры сечения шва, свариваемых кромок в соответствии с ГОСТ 8713-79 и проставляются буквенные обозначения размеров (пример смотрите рисунок 1). Ниже чертежа приводятся численные значения размеров.

2.1 Методика расчета режимов автоматической сварки стыковых швов.

1 Глубина провара h при стыковой сварке находится в прямой зависимости от сварочного тока $I_{св}$ и это может быть выражено уравнением:

$$h = k \cdot I_{св} \quad (7)$$

где h – расчетная глубина проплавления, мм;

k – коэффициент пропорциональности (мм/100 А), зависящие от рода и полярности, диаметра электрода и марки флюса, значение которого колеблется в пределах от 1,0 до 2,0 мм/100 А.

Следовательно, сила сварочного тока для стыкового соединения может быть определена по формуле:

$$I_{св} = (80 \dots 100) \quad (8)$$

Глубина провара h при односторонней односторонней стыковой сварке принимается равной толщине свариваемых деталей S :

$$h = S \quad (9)$$

при двусторонней сварке (сборка без зазора, без разделки кромок свариваемых деталей):

$$h = (0,6 \dots 0,7)S \quad (10)$$

Площадь наплавленного металла F_n определяется как сумма площадей элементарных геометрических фигур, их составляющих

(смотрите 28, с. 157-158; 29, с. 183-184). Тогда площадь сечения одностороннего стыкового шва, выполненного без зазора, можно определить по формуле:

$$F_1 = 0,75eq \quad (11)$$

а при наличии зазора в соединении по формуле

$$F_1 = 0,75eq + S \quad (12)$$

Стыкового двустороннего шва с V – образной разделкой или подваркой корня шва (рисунок 1) по формуле:

$$F_1 = (0,75eq + S) \cdot 2 \quad (13)$$

Рисунок 1

а при одностыковой сварке с V – образной разделкой одной кромки по формуле:

$$F_1 = 0,75eq + \frac{(S_{gc})^2 \cdot \frac{\alpha}{2}}{2} \quad (14)$$

2 При определении Ø электродной проволоки следует помнить, что связь силы тока, диаметра электрода, допустимой плотности тока выражается зависимостью:

$$I_{\text{н}} = F_{\text{у}} \times i \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4}, \quad (15)$$

где $F_{\text{э}}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²;

i – допустимая плотность тока, А/мм²/.

Таблица 6

Вид сварки:	$d_{\text{э}}$, мм				
	1,6-2	3	4	5	6
Ручная		13-20	10-16	9-13,5	8,5-12,5
Автоматическая и п/автоматическая	65-200	45-90	35-60	30-50	

Плотность тока зависит от диаметра электрода (смотрите таблицу 6), поэтому для определения его примерного значения пользуются усредненной плотностью тока $i_{\text{ср}} = 50$ А/мм². Таким образом, примерное значение диаметра $d_{\text{э}}$ электрода можно определить по формуле:

$$d_{\text{э}} = 2 \sqrt{\frac{I_{\text{н}}}{i_{\text{ср}} \pi}} \quad (16)$$

Округлив примерный диаметр электрода до размеров, предусмотренных стандартом, получаем фактический диаметр электрода $d_{\text{э}}$.

Чтобы убедиться в правильности принятого решения определяем фактическую плотность тока:

$$i_{\text{ф}} = \frac{I_{\text{н}}}{F_{\text{у}}} = \frac{4 I_{\text{н}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (17)$$

Если полученное значение входит в диапазон допустимых токов для данного диаметра проволоки (смотрите таблицу 6), то решение принято верно.

3 Скорость сварки $V_{\text{св}}$ для механизированных способов сварки под флюсом определяем по формуле 10 настоящих методических указаний, т.е. аналогично ручной дуговой сварки.

Коэффициент наплавки α_n для автоматической сварки под флюсом можно определить по методике, изложенной в литературе [28], с. 185 или принять равным 12 г/Ач (обратная полярность постоянного тока).

4 Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_y = \frac{F_n}{F_y} \cdot \alpha_n, \quad (18)$$

где V_y – скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

F_n – площадь наплавленного металла за один проход, мм²;

F_y – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²;

$V_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/ч.

Площадь поперечного сечения электродной проволоки рассчитывается по формуле:

$$F_y = \frac{\pi d_y^2}{4} \quad (19)$$

5 Напряжение на дуге для стыковых соединений применяется в пределах 32-40В.

2.2 Методика расчета режимов автоматической и механизированной сварки угловых швов.

При выборе методики расчета режимов сварки необходимо помнить, что тавровые, угловые и нахлесточные соединения свариваются угловыми швами, которые имеют некоторые особенности формирования по сравнению со стыковыми швами, а именно угловые швы удовлетворительно формируются на режимах, при которых плотность тока в электроде принимается в пределах средних значений, указанных в таблице 4 настоящих методических указаний. Основным конструктивным элементом данных швов является катет шва K . Для толщины до 8 мм обычно $K = S$, для толщины более 8 мм $K = 0,6S$.

Расчет режима сварки угловых швов ведется в следующей последовательности:

1 Зная катет шва (указывается в чертеже конструктором), определяем площадь поперечного сечения для шва без выпуклости:

$$F_1 = \frac{\hat{E}^2}{2} \quad (20)$$

2 Выбираем диаметр электрода, имея в виду, что угловые швы с катетом 3-4 мм можно получить при использовании электродной проволоки $\varnothing = 2$ мм при сварке электродной проволоки $\varnothing = 4-5$ мм минимальный катет составляет 5-6 мм. Сварочную проволоку диаметром больше 5 мм, не обеспечивающую провар вершины углового шва, применять не следует.

3 Для принятого диаметра электрода по таблице 6 настоящих методических указаний подбираем плотность тока на электроде и определяем сварочный ток по формуле 13.

4 Расчет скорости сварки $V_{св}$, скорости подачи электродной проволоки V_p ведется как для стыковых соединений.

5 Напряжение на дуге U_d для угловых швов применяется равным 28-36 В.

Литература: [3]; [32], с. 183-192

111 Укажите технологические особенности электрошлаковой сварки, преимущества и недостатки ее применения (приведите схему процесса).

112 Какие величины составляют режим электрошлаковой сварки? Укажите условия формирования сварного шва при электрошлаковой сварке.

113 Перечислите возможные способы сварки в защитных газах, укажите на их технологические особенности (приведите схемы процессов).

114 Перечислите основные элементы схемы поста для сварки в углекислом газе. Укажите назначение элементов схемы.

115 В чем выражается особенность автоматической сварки в углекислом газе с принудительным формированием шва (приведите схему процесса)?

Задача 116-125. По данным таблицы 7 определите параметры режима сварки в среде защитных газов.

Таблица 7

Номер задачи	Марка материала	Толщина материала, мм	Защитный газ	Способ сварки	Вид шва
116	14ХГС	4,0	CO ₂	Механизированная	Угловой
117	В Ст3пс	10,0	CO ₂	Механизированная	Стыковой
118	МО	3,0	Аргон	Ручная	Стыковой
119	Амц	8,0	Аргон	Автоматическая	Стыковой
120	30ХГСА	3,0	CO ₂	Автоматическая	Угловой
121	АМ 6	3,0	Аргон	Ручная	Стыковой
122	М1	4,0	Азот	Ручная	Стыковой
123	09Г2	5,0	CO ₂	Автоматическая	Стыковой
124	12Х18Н10Т	3,0	CO ₂	Автоматическая	Стыковой
125	10ХНСД	6,0	CO ₂	Автоматическая	Стыковой

Методические рекомендации к решению задач типа 116-125

Решение задач предусматривает определение параметров режима сварки в среде защитных газов, а именно: наименование, стандарт, сорт защитного газа, марку электродной (присадочной) проволоки, Ø электрода $d_{\text{э}}$, силы сварочного тока $I_{\text{св}}$, напряжение на дуге $U_{\text{д}}$, скорость перемещения дуги (скорость сварки) $V_{\text{св}}$, расход защитного газа.

В связи с отсутствием расчетной методики определения режима сварки в среде защитных газов режимы подбираются на основании данных, приведенных в справочниках и специальной литературе.

Литература: [32], с.279-282; [35], с.226-241

Пример решения задачи типа 116-125

Определить параметры режима механизированной сварки в углекислом газе для углового соединения стали 15ХСНД толщиной 3 мм.

Решение. Сталь 15ХСНД ГОСТ 19281-73 – низколегированная конструкционная сталь. Для ее сварки в защитных газах в основном применяют полуавтоматическую сварку в углекислом газе

(ГОСТ 8050-85 1 сорт) с использованием сварочной проволоки Св-08Г2С. сварка ведется постоянным током обратной полярности.

В виду отсутствия методики расчета параметра режима сварки в среде защитных газов пользуемся экспериментальными данными, приведенными в [31, таблица 105; 32, таблица 124].

Параметры режима механизированной сварки в углекислом газе углового соединения стали 15ХСНД при толщине металла 3 мм следующие:

1 Диаметр электродной проволоки $d_3 = 1,2$ мм.

2 Катет шва $K = 2-4$ мм.

3 Сила сварочного тока $I_{св} = 90-130$ А.

4 Напряжение на дуге $U_d = 19-21$ В.

5 Скорость сварки $V_{св} = 14-16$ м/ч.

6 Расход углекислого газа 8-10 л/мин.

126 Эквивалент углерода, его значения. Определение температуры

127 Принципиальная технология сварки двухслойных сталей

128 Наплавка твердых сплавов

129 Особенности сварки чугуна. Основные способы сварки, условия получения качественного соединения (исключение отбела)

130 Основные трудности при сварке алюминия. Способ разрушения и удаления оксидной пленки

131 Основные способы сварки алюминия

132 Преимущества титановых сплавов и основные трудности при сварке. Условия получения качественных соединений

133 Способы сварки титана и его сплавов

134 Основные трудности при сварке меди; требования к основному металлу

135 Способы сварки меди и ее сплавов

136 Воздушно-дуговая резка и строжка

137 Плазменная резка. Назначение, область применения

138 Лазерная резка. Назначение, область применения

139 Особенности подводной сварки и резки

140 Преимущества и технологические особенности лазерной сварки

141 Сварка в космосе. Особенности сварки

Таблица 8 – Варианты заданий на домашнюю контрольную работу по учебному предмету «Технология сварки плавлением»

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра					
	0	1	2	3	4	5
0	11 27 101 42 130	12 28 102 43 129	13 29 103 44 128	14 30 104 45 127	15 36 105 21 126	16 37 106 99 125
1	1 21 85 36 141	2 22 86 37 140	3 23 87 38 139	4 24 88 39 138	5 25 89 40 137	6 26 90 41 136
2	31 38 115 27 101	32 39 116 28 99	33 40 117 29 98	34 41 118 30 97	35 42 119 21 96	58 43 120 22 95
3	63 44 85 27 80	64 45 86 28 79	65 46 87 29 78	67 47 88 30 77	68 48 89 21 76	69 49 90 22 75
4	74 50 91 27 3	75 51 92 28 4	76 52 93 29 5	77 53 94 30 6	78 54 101 21 7	79 55 102 22 8
5	84 56 103 27 13	95 57 104 28 14	96 21 105 36 15	97 22 106 37 16	98 23 107 38 17	99 24 108 39 18
6	114 25 109 19 40	26 125 111 41 20	27 126 116 42 31	28 127 116 43 32	29 128 117 43 33	30 129 118 45 34
7	134 36 119 21 35	115 37 120 22 58	136 38 121 23 59	137 39 122 24 60	138 40 123 25 61	139 41 124 26 62
8	3 42 91 27 68	4 43 92 28 66	5 44 93 29 65	6 45 94 30 64	7 46 101 21 63	8 47 102 22 62
9	9 48 85 23 61	10 49 86 24 60	11 50 87 25 59	12 51 88 26 58	13 52 89 27 35	14 53 90 28 34

Продолжение таблицы 8

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра			
	6	7	8	9
0	7 54 91 21 107	8 55 92 134 102	9 56 93 132 103	10 57 94 131 116
1	17 36 107 23 114	18 37 108 24 113	19 38 109 25 112	20 39 110 26 111
2	59 40 121 23 84	60 41 122 24 83	61 42 123 25 82	62 43 124 81 26
3	80 48 107 23 9	81 49 108 24 10	82 50 109 25 11	83 51 110 26 12
4	70 44 103 23 140	71 45 104 24 138	72 46 105 25 1	73 47 106 26 2
5	130 56 119 21 1	131 57 120 22 2	132 21 121 3 46	133 22 122 4 47
6	101 52 115 23 63	111 53 116 24 64	110 54 17 25 65	113 55 118 26 66
7	140 23 123 48 5	141 24 124 49 6	1 25 101 50 72	2 26 102 51 71
8	19 21 107 56 95	20 22 108 57 33	1 23 109 36 11	2 24 110 37 125
9	15 27 103 52 70	16 28 104 53 69	17 29 105 54 66	18 30 106 55 67