

Частное образовательное учреждение
профессионального образования
«Западно-Уральский горный техникум»

МДК.03.01. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций

(ПМ. 03 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ РАБОТ)

*Методические указания для самостоятельной работы студентов
заочной формы обучения специальности*

15.02.19 Сварочное производство
(базовая подготовка)

Пермь, 2025

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта для среднего профессионального образования по специальности **15.02.19 Сварочное производство (базовая подготовка)** и рабочей программой профессионального модуля.

Методические указания рассмотрены методическим советом
ЧОУ ПО «ЗУГТ»

Протокол № 1 от 24 января 2025 г.

Методические указания содержат теоретический материал по дисциплине, содержание практических занятий, задания для самостоятельной работы студентов и методические указания по выполнению контрольных работ.

1. ВВЕДЕНИЕ

Методические указания и задания для контрольной работы по МДК.03.01. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций (ПМ. 03 Контроль качества сварочных работ) предназначены для реализации ФГОС СПО по специальности 15.02.19 Сварочное производство.

С целью овладения видом профессиональной деятельности **Контроль качества сварочных работ** и соответствующими профессиональными компетенциями студент в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- определения причин, приводящих к образованию дефектов в сварных соединениях;
- обоснованного выбора и использования методов, оборудования, аппаратуры и приборов для контроля металлов и сварных соединений;
- предупреждения, выявления и устранения дефектов сварных соединений и изделий для получения качественной продукции;
- оформления документации по контролю качества сварки;

уметь:

- выбирать метод контроля металлов и сварных соединений, руководствуясь условиями работы сварной конструкции, ее габаритами и типами сварных соединений;
- производить внешний осмотр, определять наличие основных дефектов;
- производить измерение основных размеров сварных швов с помощью универсальных и специальных инструментов, шаблонов и контрольных приспособлений;
- определять качество сборки и прихватки наружным осмотром и обмером;
- проводить испытания на сплющивание и ударный разрыв образцов из сварных швов;
- выявлять дефекты при металлографическом контроле;
- использовать методы предупреждения и устранения дефектов сварных изделий и конструкций;
- заполнять документацию по контролю качества сварных соединений;

знать:

- способы получения сварных соединений;
- основные дефекты сварных соединений и причины их возникновения;
- способы устранения дефектов сварных соединений;
- способы контроля качества сварочных процессов и сварных соединений;
- методы неразрушающего контроля сварных соединений;
- методы контроля с разрушением сварных соединений и конструкций;
- оборудование для контроля качества сварных соединений;
- требования, предъявляемые к контролю качества металлов и сварных соединений различных конструкций.

Целью изучения МДК.03.01. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций является усвоение обучающимися теоретических знаний и практических умений, а также формирование **общих компетенций (ОК) (частично)**:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

профессиональных компетенций (ПК):

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.3. Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки.

Количество часов на освоение программы профессионального модуля:

всего – **260** часов, в том числе:

- обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося – **70/32** часа;
- в том числе лекции – **56/26** часов , практические занятия – **14/6**;
- самостоятельной работы обучающегося – **190** часа;

Производственная практика ПП.03 – 144 часа.

Форма отчетности по МДК.03.01. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций – **зачёт**.

Форма отчетности по профессиональному модулю – **экзамен (квалификационный)**.

2. ПРОГРАММА МДК.03.01. ФОРМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОВ И СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Наименование разделов и тем	Количество ауд. часов при заочной / при заочной ускоренной форме обучения (час.)			СРС (час.)
	Всего	в том числе		
		обзорно- уст. занятия	практ. работа	
Раздел 1. Сварка: сущность, классификация, характеристика процессов, оборудование	25/12	20/10	5/2	90/100
Раздел 2. Дефекты сварных изделий и конструкций	23/8	18/6	5/2	90/100
Раздел 3 Обеспечение качества сварных соединений	22/12	18/10	4/2	90/104
Всего по дисциплине	70/32	56/26	14/6	260/204

3. СОДЕРЖАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА

Раздел 1. Сварка: сущность, классификация, характеристика процессов, оборудование

Физические основы и классификация процессов сварки. Виды и способы сварки. Характеристика способов сварки. Области применения, преимущества и недостатки. Выбор способа сварки. Классификация сварочного оборудования.

Материалы для сварки. Основные требования, предъявляемые к оборудованию для сварки. Оборудование для различных способов сварки. Роботизация сварочного производства.

Методические указания

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки. Для образования и поддержания электрической дуги к электроду и свариваемому изделию от источника питания подводится сварочный ток (переменный или постоянный).

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что ручная дуговая сварка производится на прямой полярности.

Если на изделии отрицательный полюс, то полярность обратная. Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (основной металл). Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д. Они обычно находятся в следующих пределах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм.

Марки электродов для ручной сварки: Э42, Э46, Э50, Э60, Э70. Цифры в марке указывают предел прочности наплавленного металла на растяжение в килоньютонах на квадратный сантиметр (кН/см²). Литера А после цифр указывает на повышенное качество металла электродов, повышенную пластичность и ударную вязкость. Подбор марки электродов производится, исходя из условий равнопрочности соединяемой стали и наплавленного металла, а также с учетом группы конструкций и климатического района.

Полуавтоматическая сварка – дуговая сварка автоматически подающимся проволочным электродом (проволокой) в среде защитного газа. Защитный газ, выходя из сопла, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока подается вниз роликами, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт.

Химический состав стальной сварочной проволоки выбирают в зависимости от марки свариваемых сталей. Обычно сварочная проволока должна иметь меньшее содержание углерода и большее содержание легирующих элементов, чем свариваемые детали. В этом случае можно получить сварной шов равнопрочным с основным металлом и аналогичными физико-химическими свойствами. Проволока имеет буквенно-цифровое обозначение, включающее диаметр, ее назначение (сварочная, для электродов) и химический состав.

В качестве защитных газов наибольшее распространение получили углекислый газ (СО₂), аргон и смесь углекислого газа с аргоном.

Аргонодуговая сварка – дуговая сварка в среде инертного газа аргона. Аргон наиболее эффективен, но имеет высокую стоимость, его применяют в основном при сварке цветных сплавов и ответственных изделий из высоколегированных сталей. Может осуществляться плавящимся или неплавящимся электродом. В качестве неплавящегося электрода обычно используется вольфрамовый электрод.

Аргон практически не вступает в химические взаимодействия с расплавленным металлом и другими газами в зоне горения дуги. Будучи на 38 % тяжелее воздуха, аргон вытесняет его из зоны сварки и надежно изолирует сварочную ванну от контакта с атмосферой.

Дуга горит между свариваемым изделием и неплавящимся электродом (обычно из вольфрама). Электрод расположен в горелке, через сопло которой вдувается защитный газ. Присадочный материал подается в зону дуги со стороны и в электрическую цепь не включен.

Автоматическая сварка под флюсом – дуговая сварка проволокой (проволочным электродом) под слоем флюса с механизированными операциями подачи проволоки и перемещения дуги вдоль линии шва. Флюс —гранулированный порошок, получаемый чаще всего сплавлением компонентов с последующим дроблением. По назначению флюсы подразделяют на три группы: для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей; для сварки высоколегированных сталей и сварки цветных сплавов.

По способу изготовления флюсы разделяют на плавные и керамические.

Дуговая сварка под флюсом может выполняться автоматами и полуавтоматами, однако последние используются редко. Проволока подается в зону сварки с помощью подающих роликов. Подвод тока к проволоке осуществляется скользящим контактом.

Электрошлаковая сварка основана на плавлении свариваемого и присадочного металлов теплотой, выделяемой при прохождении электрического тока через расплавленный шлак в период установившегося процесса сварки.

При электрошлаковой сварке дуговой разряд возникает только в самом начале процесса для создания жидкой шлаковой ванны, а затем плавление непрерывно подаваемого электродного металла и оплавление кромок изделия происходит за счет теплоты тока при прохождении его через расплавленный шлак.

Две свариваемые детали устанавливаются вертикально с зазором между кромками. Зазор с двух сторон закрывают медные водоохлаждаемые ползуны. Снизу зазор также закрывается специальным карманом. В зазор засыпается сварочный флюс и опускается сварочная проволока. 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, который, будучи электропроводным, является источником тепла, приводящим к расплавлению проволоки и кромок и образованию сварочной ванны. Электрическая дуга отсутствует, так как она шунтируется расплавленным шлаком.

Процесс сварки идет снизу вверх. Ползуны, охлаждаемые водой через трубки, перемещаются вверх вместе со сварочным автоматом и формируют сварной шов. Расплавленный флюс одновременно обеспечивает защиту сварочной ванны и участвует в металлургических процессах, обеспечивающих требуемое качество сварного шва.

Расход флюса при этом способе сварки невелик и не превышает 5 %-й массы наплавленного металла. Флюс используется такой же, как и для дуговой сварки, или специальный.

Контактная сварка – сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплотой, выделяемой при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части. Контактная сварка – основной вид сварки давлением термомеханического класса. Основным признаком всех видов сварки давлением (контактная, диффузионная, холодная, трением и др.) является пластическая деформация металла в зоне контакта соединяемых деталей, необходимая для образования сварных соединений. При сварке происходит принудительное образование межатомных связей между кристаллическими решетками соединяемых деталей. Выделяют три основные стадии процесса

образования сварного соединения при сварке давлением: формирование физического контакта, образование химических связей, развитие последующих процессов на границе полученного соединения и в объеме деталей.

Основными видами контактной сварки являются точечная, шовная и стыковая.

Точечная сварка – разновидность контактной сварки, при которой детали соединяются по отдельным участкам касания, ограниченным площадью торцов электродов, передающих усилие сжатия и подводящих электрический ток. Свариваемые заготовки накладывают друг на друга и зажимают обычно между двумя металлическими электродами с приложением к ним усилия FCB . После этого включается питание, которое вызывает в проводах, электродах и свариваемых деталях электрический ток величиной до нескольких единиц или десятков кА. В результате в зоне контакта заготовок по оси электродов начинается процесс нагрева и расплавления металла.

Шовная (роликовая) сварка – разновидность контактной сварки, при которой заготовки соединяются непрерывным или прерывистым швом, состоящим из отдельных сварных точек, в результате приложения усилия сжатия и подвода тока к вращающимся дисковым электродам (роликам).

Заготовки накладывают друг на друга и зажимают обычно между двумя дисковыми электродами усилием сжатия FCB . При подаче тока металл в зоне контакта деталей по оси электродов начинает нагреваться и расплавляться. По мере движения (прокатывания) заготовок между дисковыми электродами образуются новые сварные точки, перекрывающие или не перекрывающие друг друга. Как и при точечной сварке, не требуются специальные средства защиты расплава от взаимодействия с атмосферой.

Стыковая сварка – разновидность контактной сварки, при которой детали соединяются по поверхности стыкуемых торцов в результате подвода тока и применения усилия сжатия. Стыковой сваркой соединяют проволоку, стержни, трубы, полосы, рельсы, цепи и другие детали.

Свариваемые детали закрепляются в зажимах-электродах и сжимаются осевым усилием FCB . Левая плита обычно неподвижна. При включении сварочного трансформатора через заготовки протекает электрический ток большой силы и низкого напряжения, нагревающий их. Наибольшее количество теплоты выделяется на стыке деталей. В отличие от других видов контактной сварки, при стыковой сварке свариваемые детали закрепляются в зажимах с усилием сжатия $FCЖ$, в 1,5–2 раза превышающим FCB .

Сварка сопротивлением применяется только для деталей с небольшим компактным сечением. Наиболее широко применяется стыковая сварка оплавлением. При сварке сопротивлением детали вначале сжимают осевым усилием для образования плотного соприкосновения свариваемых торцов. Затем подается электрический ток, при прохождении которого стыкуемые поверхности нагреваются до пластического состояния. Далее выполняется осадка (сжатие нарастающим усилием) заготовок с образованием соединения в твердой фазе. При этом ток отключают до окончания осадки.

Газовая сварка основана на плавлении свариваемого и присадочного металлов высокотемпературным газокислородным пламенем. В качестве горючего

для сгорания в кислороде применяют ацетилен, водород, пропанбутановую смесь, пары керосина, бензина, природный, светильный, нефтяной, коксовый и другие газы.

Горючий газ из баллона или специального газового генератора поступает в сварочную горелку. Из баллона в горелку поступает кислород. В горелке они смешиваются в определенном соотношении и на выходе из сопла поджигаются. Пламя расплавляет кромки свариваемого изделия, присадочный пруток, а также выполняет функции защиты расплавленного металла от атмосферы. Регулировка расхода кислорода и горючего газа осуществляется соответствующими вентилями.

Плазменная сварка – это сварка с помощью направленного потока плазменной дуги. Имеет много общего с технологией аргоновой сварки. Плазмой называется частично или полностью ионизированный газ, состоящий из нейтральных атомов и молекул, а также электрически заряженных ионов и электронов. В таком определении обычная дуга может быть названа плазмой. Однако по отношению к обычной дуге термин «плазма» практически не применяют, так как обычная дуга имеет относительно невысокую температуру и обладает невысоким запасом энергии по сравнению с традиционным понятием плазмы.

Холодная сварка – сварка давлением при значительной пластической деформации без внешнего нагрева соединяемых поверхностей. Физическая сущность процесса заключается в сближении за счет пластической деформации свариваемых поверхностей до образования металлических связей между ними и получения таким образом прочного сварного соединения. Исследованиями установлено, что при сдавливании тонкий поверхностный слой толщиной менее 1 мкм соединяемых элементов нагревается до температуры плавления. Холодной сваркой соединяются металлы, имеющие высокую пластичность при комнатной температуре (Al, Au, Ag, Cu, Ni, Pb и др.). В недостаточно пластичных металлах при больших деформациях могут образовываться трещины. Высокопрочные металлы и сплавы холодной сваркой не сваривают.

Целесообразна классификация сварочного оборудования по способам сварки, наплавки, пайки, нанесения покрытий и степени механизации этих процессов. Эти признаки позволяют довольно четко разделить все оборудование для сварки на следующие группы:

- для сварки плавлением;
- для сварки давлением (прессовкой);
- для нанесения покрытий.

Оборудование для сварки плавлением может быть разделено на две подгруппы.

- Оборудование для сварки плавлением основного металла (т.е. конкретнее для: сварки плавлением; дуговой сварки и наплавки; электрошлаковой сварки и наплавки; газовой сварки, наплавки и резки; электроннолучевой сварки (в высоком вакууме, в промежуточном и вне вакуума) и специальных видов сварки, наплавки и резки, в том числе: плазменной сварки, наплавки и резки, микроплазменной сварки, ударной конденсаторной сварки, дуговой конденсаторной сварки, сварки контактным плавлением, сварки и резки под водой, сварки и резки в космосе, лазерной сварки, наплавки и резки, сварки световым лучом, термитной сварки,

сваркопайки, воздушно-дуговой резки; некоторых способов сварки полимерных материалов.

Оборудование для нанесения покрытий может быть разделено на три подгруппы:

- для газотермического способа (газопламенной и электродуговой металлизации, плазменного или детонационного);
- для вакуумного способа (электроннолучевого, ионно-плазменного или особого, в том числе катодного распыления; магнетронного; КИБ; термического испарения сжатой дугой низкого давления; ионного распыления в плазме дуги с термокатодом; термоионного);
- для легирования и модифицирования поверхностей (электроискрового легирования, лазерного легирования и модифицирования, электронно-лучевого модифицирования и ионной имплантации).

Оборудование для сварки без плавления основного металла или пайки (высоко- и низкотемпературной), при которой плавится более легкоплавкий присадочный металл (припой), а основной металл не расплавляется.

Оборудование для сварки давлением может быть разделено на три подгруппы:

- для контактной сварки — точечной сварки, шовной сварки, рельефной сварки;
- для контактной стыковой сварки — сопротивлением, оплавлением (непрерывным, с предварительным подогревом и виброоплавлением);
- для специальных видов сварки давлением — сварки трением, термокомпрессионной, ультразвуковой сварки, дугой, управляемой магнитным полем, высокочастотной, контактной микросварки, газопрессовой, кузнечной, прокаткой, холодной сварки, диффузионной, сварки и резки взрывом, магнитно-импульсной сварки и для некоторых способов сварки полимерных материалов.

Источники питания сварочной дуги (оборудование) классифицируют:

- По роду тока: переменного и постоянного;
- По типам: трансформаторы (Т), выпрямители (В), преобразователи (П), генераторы (Г), агрегаты (А), установки (У);
- По виду: для дуговой сварки (Д), для плазменной сварки (П);
- По способу сварки: для ручного, под флюсом (Ф), в защитных газах (Г), универсальные (В), в инертных газах (И), без защиты дуги (О), под флюсом и в защитных газах (ФГ);
- По количеству постов: однопостовые, многопостовые (М);
- За номинальным током: на 125 А; 160; 200; 250; 310; 400; 500; 630; 1000; 1250; 1600; 2000; 2400; 3150; 5000 А;
- За климатическим исполнением: для умеренного климата (У), для умеренного и холодного климата (УХЛ), для тропического климата (Т);
- По категории размещения: для работы на открытом воздухе (1), для помещений, где колебания влажности и температуры мало отличаются от открытого воздуха (2), для закрытых помещений, где колебания влажности, температуры, воздействие пыли меньше, чем на открытом воздухе (3), для помещений с искусственным климатом (4), для помещений с большой влажностью (5).

В скобках проставлены условные обозначения элементов классификации электросварочного оборудования. Кроме того, некоторые конструктивные или

технологические особенности строения и работы сварочного оборудования могут иметь следующие обозначения:

- Ш — шунтированы;
- К — с конденсатором;
- С — сварочный;
- М — с механическим регулированием тока;
- Э — с электрической регулировкой тока;
- Ж — с жесткой внешней вольт-амперной характеристикой;
- П — с похилопадающей характеристикой;
- Б — агрегаты с бензиновым двигателем;
- Д — агрегаты с дизельным двигателем;
- И — импульсно-дуговая сварка;
- Ч — частотные источники питания;
- П — полуавтомат;
- А — автомат.

Полуавтоматическая сварка в защитных газах имеет следующие условные обозначения:

- MIG — сварка в инертных защитных газах (аргон, гелий);
- MAG — сварка в активных защитных газах (углекислый газ).

Для условных обозначений могут использоваться другие буквы, которые означают конструктивные особенности, принцип работы, предприятие, где производится источник питания и т.п.

Например, ВДУ-506УЗ расшифровывается так: В — выпрямитель, Д — дуговой, В — универсальный, 50 — на номинальный ток 500 А, 6 — модификация, В — для умеренного климата, 3 — для закрытых помещений, где колебания температуры, влажности, влияние песка и пыли меньше, чем на открытом воздухе.

Оборудования изготавливают в Институте электросварки имени Е. О. Патона НАН Украины, обозначают иначе.

Например, А-1416УХЛ4 можно расшифровать так: А — автомат; 1416 — номер проекта; УХЛ — для умеренного и холодного климата; 4 — для помещений с искусственным регулированием климата; ПШ112 расшифровывается так: П — полуавтомат, Ш — шланговый, 112 — регистрационный номер разработки.

Обеспечение высокого качества сварных соединений (наплавки) требует:

- точной сборки и фиксации свариваемых соединений в рабочей зоне с учетом особенностей заготовок (значительные допускаемые отклонения от номинальных размеров и форм, возможные заусеницы, задиры, окалина, прилипшие брызги металла) и сварочных деформаций;
- надежной защиты сварочной ванны от воздействия атмосферы путем подачи в зону сварки защитного газа, флюса, использования самозащитных проволок, вакуумных камер и др.;
- обеспечения заданного положения и ориентации источника нагрева относительно свариваемого соединения с компенсацией случайных отклонений линии соединения от расчетного положения;
- поддержания заданных значений параметров процесса сварки или изменения их по заданному закону с учетом случайных отклонений параметров соединения, подготовленного под сварку, от номинальных значений;

- применения прогрессивных сварочных технологий и материалов (форсированные режимы, использование многодуговой и многоэлектродной сварки, ленточных электродов и т. п.).

Вопросы для самоконтроля:

1. 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные.
2. 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные.
3. 11533-75 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами.
4. 11534-75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами.
5. 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.
6. 14776-79 Дуговая сварка. Соединения сварные.
7. 14806-80 Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные.
8. 15164-78 Электрошлаковая сварка. Соединения сварные.
9. 15878-79 Контактная сварка. Соединения сварные.
10. 16038-80 Сварка дуговая. Соединения сварные трубопроводов из меди и медно-никелевого сплава.
11. 16310-80 Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винилпласта.
12. 23518-79 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами.
13. 23792-79 Соединения контактные, электрические, сварные.
14. Классификация сварочного оборудования.
15. Материалы для сварки.
16. Основные требования, предъявляемые к оборудованию для сварки.
17. Оборудование для различных способов сварки.

Практические занятия:

1. ***Выбор способа сварки***
2. ***Сварочное оборудование (по способам сварки)***

Раздел 2. Дефекты сварных изделий и конструкций

Типы сварных швов и соединений. Основные дефекты сварных соединений и причины их возникновения. Влияние дефектов на работоспособность конструкций. Методы предупреждения и устранения дефектов сварных изделий и конструкций.

Методические указания

Дефекты подготовки и сборки. Характерными видами дефектов при сварке плавлением являются: неправильный угол скоса кромок шва с V-, X- и U-образной разделкой; слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок; непостоянство зазора между кромками по длине стыкуемых элементов; несовпадение стыкуемых плоскостей; слишком большой зазор между кромками свариваемых деталей; расслоения и загрязнения кромок.

Указанные дефекты могут возникнуть из-за: неисправности станочного

оборудования, на котором обрабатывали заготовки; недоброкачества исходных материалов; ошибок в чертежах; низкой квалификации слесарей и сборщиков.

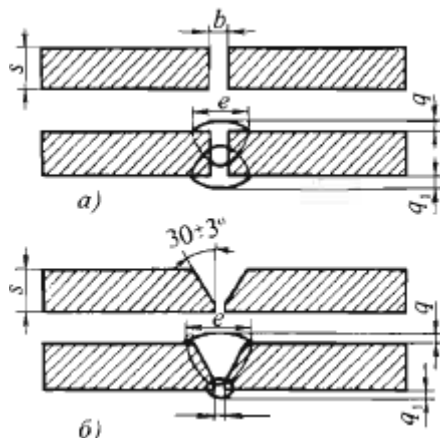


Рис. 1. Основные конструктивные элементы сварных швов: а - без подготовки кромок малых толщин (b - ширина зазора); б - с V-образной разделкой.

Дефекты формы шва. Форма и размеры сварных швов обычно задаются техническими условиями, указываются на чертежах и регламентируются стандартами. Конструктивными элементами стыковых швов (рис. 1) являются их ширина e , высота выпуклости q и подварки q_1 ; угловых швов тавровых и нахлесточных соединений без скоса кромок (рис. 2) катет K и толщина a . Размеры швов зависят от толщины s свариваемого металла и условий эксплуатации конструкций.

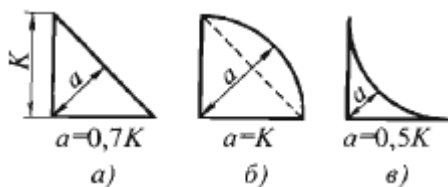


Рис. 2. Основные конструктивные элементы валиков: а - нормального; б - выпуклого; в - вогнутого.

При выполнении сварных соединений любыми методами сварки плавлением сварные швы могут иметь неравномерную ширину и высоту, бугры, седловины, неравномерную высоту катетов в угловых швах (рис. 3).

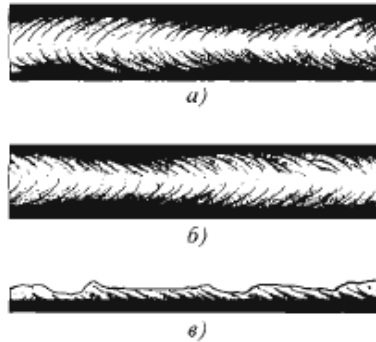


Рис. 3. Дефекты формы швов: а - неравномерная ширина шва при ручной сварке; б - то же, при автоматической сварке; в - неравномерная выпуклость - бугры и седловины.

Неравномерная ширина швов образуется при неправильном движении электрода, зависящем от зрительно-двигательной координации (ЗДК) сварщика, а также в результате возникших отклонений от заданного зазора кромок при сборке. При автоматической сварке причиной образования этого дефекта является нарушение скорости подачи проволоки, скорости сварки и т.д.

Неравномерность выпуклости по длине шва, местные бугры и седловины получаются при ручной сварке из-за недостаточной квалификации сварщика и в первую очередь объясняются особенностью ЗДК сварщика; неправильными приемами заварки прихваток; неудовлетворительным качеством электродов.

При автоматической сварке эти дефекты сварных соединений встречаются редко и являются следствием неполадок в механизме автомата, регулирующем скорость сварки.

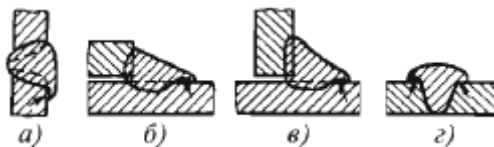


Рис. 4. Наплывы в швах: а - горизонтальном; б - нахлесточного соединения; в - таврового соединения; г - стыкового соединения или при наплавке валиков.

Перечисленные *дефекты сварных соединений* формы шва снижают прочность соединения и косвенно указывают на возможность образования внутренних дефектов.

Наружные дефекты сварных соединений . К ним относят наплывы, подрезы, незаделанные кратеры, прожоги.

Наплывы образуются в результате стекания расплавленного металла электрода на несплавленный основной металл или ранее выполненный валик без сплавления с ним (рис. 4). Наплывы могут быть местными, в виде отдельных зон, а также значительными по длине.

Напльвы возникают из-за: чрезмерной силы тока при длинной дуге и большой скорости сварки; неудобного пространственного положения (вертикальное, потолочное); увеличенного наклона плоскости, на которую накладывают сварной шов; неправильного ведения электрода или неверного смещения электродной проволоки при сварке кольцевых швов под флюсом; выполнения вертикальных швов вверх и недостаточного опыта сварщика.

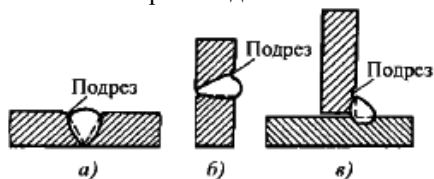


Рис. 5. Подрезы: а - в стыковом шве; б - в горизонтальном шве, расположенном на вертикальной плоскости; в - в угловом шве таврового соединения.

Подрезы представляют собой углубления (канавки) в основном металле, идущие по краям шва (рис. 5). Глубина подреза может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Причинами, по которым образуются эти дефекты сварных соединений являются: значительной силы ток и повышенное напряжение дуги; неудобное пространственное положение при сварке; небрежность сварщика.

Подрезы в шве уменьшают рабочую толщину металла, вызывают местную концентрацию напряжений от рабочих нагрузок и могут быть причиной разрушения швов в процессе эксплуатации. Подрезы в стыковых и угловых швах, расположенные поперек действующих на них сил, приводят к резкому снижению вибрационной прочности; даже достаточно крупные подрезы, проходящие вдоль действующей силы, отражаются на прочности в значительно меньшей степени, чем подрезы, расположенные поперек.

Кратер - углубление, образующееся в конце шва при внезапном прекращении сварки. Особенно часто кратеры возникают при выполнении коротких швов. Размеры кратера зависят от величины сварочного тока. При ручной сварке его диаметр колеблется от 3 до 20 мм, при автоматической он имеет удлиненную форму в виде канавки. Незаделанные кратеры снижают прочность сварного соединения, так как концентрируют напряжения.

При вибрационной нагрузке снижение прочности соединения из малоуглеродистой стали достигает 25 %, а из низколегированных - 50 % при наличии в шве кратера.

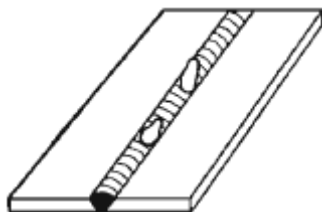


Рис. 6. Прожоги

Прожоги - дефекты в виде сквозного отверстия в сварном шве, образующиеся при вытекании сварочной ванны; сварке металла небольшой толщины и корня шва в многослойных швах, а также при сварке снизу вверх вертикальных швов (рис. 6). Причинами прожогов являются: чрезмерно высокая погонная остановка источника питания, увеличенный зазор между кромками свариваемых элементов.

Во всех случаях отверстие, возникающее при прожогах, хотя и заделывается, однако шов в этом месте получается неудовлетворительный по внешнему виду и качеству. Прожоги возникают в результате возбуждения дуги ("чирканья электродом") на краю кромки. Этот дефект служит источником концентрации напряжений, его обязательно удаляют механическим способом. Внутренние дефекты. К ним относят поры, шлаковые включения, непровары, несплавления и трещины.

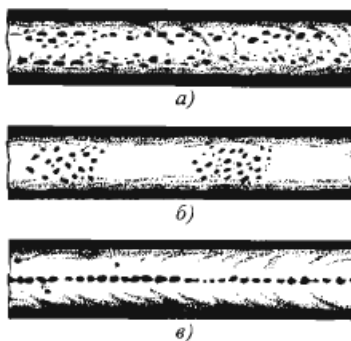


Рис. 7 Характер пористости в наплавленном металле шва:
а - равномерная пористость; б - скопления пор; в - цепочки пор.

Поры (рис. 7) в виде полости округлой формы, заполненной газом, образуются вследствие: загрязненности кромок свариваемого металла, использования влажного флюса, отсыревших электродов, недостаточной защиты шва при сварке в углекислом газе, увеличенной скорости, завышенной длины дуги. При сварке в углекислом газе, а в некоторых случаях и под флюсом на больших токах, образуются сквозные поры - так называемые свищи.

Размеры внутренних пор колеблются от 0,1 до 2... 3 мм в диаметре, а иногда и больше. Поры, выходящие на поверхность шва, могут быть и больше. Свищи при сварке под флюсом или в углекислом газе на больших токах могут иметь диаметр до 6... 8мм. Длина так называемых «червеобразных» пор - до нескольких сантиметров.

Равномерная пористость (рис. 7, а) обычно возникает при постоянно действующих факторах: загрязненности основного металла по свариваемым поверхностям (ржавчина, масло и т.п.), непостоянной толщине покрытия электродов и т.д. Скопление пор (рис. 7, б) наблюдается при местных загрязнениях или электрода а также при нарушении сплошности покрытия электрода, сварке в начале шва, обрыве дуги или случайных изменениях ее длины.

Цепочки пор (рис. 7, в) образуются в условиях, когда газообразные

продукты проникают в металл по оси шва на всем его протяжении (при сварке по ржавчине, подсосе воздуха через зазор между кромками, подварке корня шва некачественными электродами). Одиночные поры возникают за счет действия случайных факторов (колебания напряжения в сети и т.д.). Наиболее вероятно возникновение пор при сварке алюминиевых и титановых сплавов, в меньшей степени - при сварке сталей.

Шлаковые включения в металле сварного шва - это небольшие объемы, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, оксидами). Вероятность образования шлаковых включений в значительной мере определяется маркой сварочного электрода. При сварке электродами с тонким покрытием вероятность образования шлаковых включений очень велика. При сварке высококачественными электродами, дающими много шлака, расплавленный металл дольше находится в жидком состоянии и неметаллические включения успевают всплыть на его поверхность, в результате чего шов засоряется шлаковыми включениями незначительно.

Шлаковые включения можно разделить на макроскопические и микроскопические. Макроскопические имеют сферическую и продолговатую формы в виде вытянутых «хвостов».



Рис. 8. Шлаковые включения по подрезу кромки в многослойном шве

Эти включения образуются в шве из-за плохой очистки свариваемых кромок от окалины и других загрязнений и чаще всего вследствие внутренних подрезов и плохой зачистки от шлака поверхности первых слоев многослойных швов перед заваркой последующих (рис. 8).

Микроскопические шлаковые включения появляются в результате образования в процессе плавления некоторых химических соединений, щстающихся в шве при кристаллизации.

Оксидные пленки могут возникать при всех видах сварки. Пзичины их образования такие же, как и шлаковых включений: это загрязненность поверхностей свариваемых элементов; плохая зачистка от шлака поверхности слоев шва при многослойной сварке; низкое качество электродного покрытия, флюса; недостаточная квалификация сварщика и т.п.

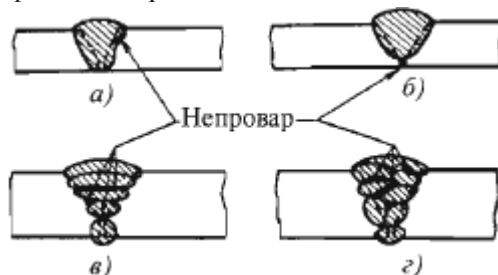


Рис. 9. Непровары: а - по кромке с основным металлом; б - в корне шва; в - между отдельными слоями; г - между валиками.

Непровары - это дефект в виде местного несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления поверхностей или кромок ранее выполненных валиков. Непровары (рис. 9, а) в виде несплавления основного металла с наплавленным представляют собой тонкую прослойку оксидов, а в некоторых случаях - грубую шлаковую прослойку между основным и наплавленным металлом.

Причинами образования таких непроваров являются:

- плохая зачистка кромок свариваемых деталей от окалины, ржавчины, краски, шлака, масла и других загрязнений;
- блуждание или отклонение дуги под влиянием магнитных полей, особенно при сварке на постоянном токе;
- электроды из легкоплавкого материала (при выполнении шва такими электродами жидкий металл натекает на неоплавленные свариваемые кромки);
- чрезмерная скорость сварки, при которой свариваемые кромки не успевают расплавиться;
- значительное смещение электрода в сторону одной из свариваемых кромок, при этом расплавленный металл натекает на вторую не расплавленную кромку, прикрывая непровар;
- неудовлетворительное качество основного металла, сварочной проволоки, флюсов, электродов и т.д.;
- плохая работа сварочного оборудования - колебания силы сварочного тока и напряжения дуги в процессе сварки;
- низкая квалификация сварщика.

Причинами образования непроваров в корне шва (рис. 9, б) кроме указанных выше могут быть: недостаточный угол скоса кромок; большая величина их притупления; маленький зазор между кромками свариваемых деталей; большое сечение электрода или присадочной проволоки, укладываемой в разделку шва, что значительно затрудняет расплавление основного металла. Непровары между отдельными слоями (рис. 9, в, г) возникают по следующим причинам: из-за не полностью удаленного шлака, образовавшегося при наложении предыдущего валика, что возможно из-за трудности его удаления или небрежности сварщика; недостаточной тепловой мощности (малый ток, излишне длинная или короткая дуга).

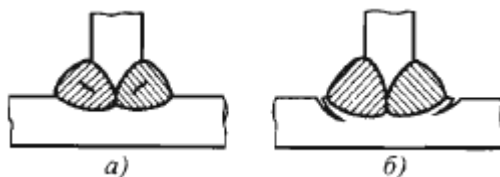


Рис. 10. Трещины в сварных соединениях и швах: а - в наплавленном металле; б - в зонах сплавления и термического влияния.

Трещины - частичное местное разрушение сварного соединения в виде разрыва (рис. 10). Образованию трещин способствуют следующие факторы:

- сварка легированной стали в жестко закрепленных конструкциях;
- высокая скорость охлаждения при сварке углеродистых сталей, склонных к закалке на воздухе;
- применение высокоуглеродистой электродной проволоки при автоматической сварке конструкционной легированной стали;
- использование повышенных плотностей сварочного тока при наложении первого слоя многослойного шва толстостенных сосудов и изделий;
- недостаточный зазор между кромками деталей при электрошлаковой сварке;
- слишком глубокие и узкие швы при автоматич. сварке под флюсом;
- выполнение сварочных работ при низкой температуре;
- чрезмерное нагромождение швов для усиления конструкции (применение накладок и т.п.), в результате чего возрастают сварочные напряжения, способствующие образованию трещин в сварном соединении;
- наличие в сварных соединениях других дефектов, являющихся концентраторами напряжений, под действием которых в области дефектов начинают развиваться трещины.

Существенным фактором, влияющим на образование горячих трещин (ГТ), является засоренность основного и присадочного металла примесями серы и фосфора.

Холодные трещины (ХТ) образуются при наличии составляющих мартенситного и бейнитного типов, концентрации диффузного водорода в зоне зарождения трещин и растягивающих напряжений I рода. Трещины относятся к наиболее опасным дефектам и по всем действующим нормативно-техническим документам (НТД) недопустимы.

Для электронно-лучевой (ЭЛС) и лазерной сварки (ЛС) наиболее характерны: несплавления за счет смещения луча вследствие намагничивания (ЭЛС) или непостоянства зазора по длине (ЛС); газовые полости, возникающие из-за неполного закрытия газодинамического канала; дефекты формирования шва из-за выброса металла; пористость.

Рисунок 11. Вольфрамовые включения в швах сварных соединений алюминиевого сплава (рентгеновский снимок).

Металлические включения. В практике наиболее распространены вольфрамовые включения при сварке алюминиевых сплавов. Они обычно возникают при аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом. При этом могут наблюдаться мгновенная нестабильность дуги и появление одновременно с вольфрамовыми включениями оксидных включений. Вольфрамовые включения могут располагаться внутри шва и на поверхности соединений в виде брызг. При попадании вольфрама в жидкую ванну он обычно погружается на дно ванны. Вольфрам в алюминий нерастворим и обладает большой плотностью. На рентгеновском снимке он дает характерные ясные изображения произвольной формы. Вольфрамовые включения, как правило, образуются в местах обрыва дуги.

при этом вольфрам скапливается в вершине кратеров, где часто образуются трещины.

Вольфрамовые включения подразделяют на две основные группы: изолированные и групповые. Размер диаметра изолированных включений 0,4 ... 3,2 мм. Групповые включения описываются (по рентгенограмме) размером группы, количеством и размером отдельных (изолированных) включений в группе, при этом размер группы характеризуется размером минимальной окружности, в которую вписывается группа включений. Если изображение нескольких включений сливается, то их принимают за одно включение.

Вопросы для самоконтроля

1. Типы сварных швов и соединений.
2. Основные дефекты сварных соединений
3. Причины возникновения дефектов.
4. Влияние дефектов на работоспособность конструкций.
5. Методы предупреждения и устранения дефектов сварных изделий и конструкций.

Практические занятия:

1. *Типы сварных швов.*
2. *Устранение дефектов сварных соединений.*

Раздел 3. Обеспечение качества сварных соединений

Требования, предъявляемые к контролю качества металлов и сварных соединений различных конструкций. Контроль металлов. Классификация методов контроля сварных соединений. Выбор метода контроля в зависимости от условий работы сварной конструкции, ее габаритов и типа сварного соединения.

Классификация методов неразрушающего контроля. Оборудование для контроля качества сварных соединений. Контроль внешним осмотром и измерением с помощью универсальных и специальных инструментов, шаблонов и контрольных приспособлений. Определение качества сборки и прихватки наружным осмотром и обмером.

Испытания на сплющивание и ударный разрыв образцов из сварных швов. Металлографический контроль.

Оформление документации по контролю качества сварки

Методические указания

Контроль качества сварочных работ на заводах металлоконструкций

Функции контроля в этом случае распределяются следующим образом. Центральным подразделением является отдел технического контроля (ОТК), связанный практически со всеми подразделениями завода. Главный инженер завода обеспечивает действие всей системы контроля, ставит задачи и принимает окончательные решения по достижению высокого качества, регулирует материальное стимулирование за качество. Отдел главного технолога (ОГТ)

обеспечивает технологическими картами. Главный сварщик руководит выполнением сварочных работ в цехах и несет ответственность за уровень качества этих работ.

Отдел кадров следит за своевременной аттестацией и перееаттестацией сварщиков, организует подготовку и повышение их квалификации. Отдел главного конструктора (ОГК) согласовывает все изменения, которые вносятся в чертежи в случае производственной необходимости (в том числе по сварочным работам).

Бюро комплектации ОГК составляет технологии-наряды, которые передаются в цехи. Ими пользуются контролеры при приемке изделий. В технологии-наряде указывают метод и объем контроля. Отдел снабжения совместно с ОТК проверяет наличие сертификатов на поступившие материалы, ОТК проверяет условия хранения сварочных материалов на складе.

Электромеханический отдел (ЭМО) обеспечивает исправную работу сварочного оборудования, проводит плано-предупредительные ремонты.

Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ) выполняет неразрушающий контроль сварных соединений физическими методами, осуществляет различного рода испытания и анализы, участвует в аттестации и перееаттестации сварщиков. Отдел труда и заработной платы (ОТиЗ) разрабатывает и совершенствует систему материального стимулирования рабочих и ИТР в зависимости от качества работ.

Бухгалтерия получает от ОТК сведения о браке, учитывает и анализирует непроизводительные затраты, связанные с устранением брака. ОТК контролирует работу сборочно-сварочных цехов, выполняя входной, пооперационный и приемочный контроль сварочных работ. Мастера цехов обеспечивают рабочих заданиями согласно их квалификации и сложности работы, следят за исправностью оборудования и проводят пооперационный контроль.

Мастера ОТК проверяют сварочные работы в цехах и оформляют извещения о браке.

ОТК оформляет и хранит оперативно-техническую документацию, включающую акты на приемку металлопроката и сварочных материалов, карточки брака, акты и сертификаты на изготовленные конструкции.

На металлопрокат, не соответствующий государственным стандартам и условиям поставки, составляется рекламационный акт (аналогичные акты составляют и на сварочные материалы).

Готовые детали ОТК принимает по контрольному экземпляру чертежей КМД. Изготовленные в сборочно-сварочных цехах конструкции принимают представители ОТК, на всех принятых конструкциях ОТК ставит клеймо, разрешающее отгрузку конструкции в цех маляро-погрузки. В ОТК хранятся протоколы испытаний сварщиков, списки и номера их удостоверений.

По окончании работ по заказу или его частей ОТК оформляет и высылает заказчику сертификат на стальные конструкции, в котором указывает соответствие применяемых материалов проекту и стандартам, результаты испытаний, а также соответствие изготовленных конструкций СНиП. Копии этих сертификатов хранятся в ОТК.

Контроль качества сварочных работ в монтажных организациях

Контроль качества сварочных работ в монтажных организациях имеет ряд особенностей, влекущих за собой известные трудности при организации

контрольной службы и системы управления качеством. К ним в первую очередь относятся отсутствие отделов технического контроля (ОТК), сложность производства сборочно-сварочных работ в условиях строительства и вместе с тем высокие требования, предъявляемые к качеству их выполнения, разбросанность объектов производства работ на большой территории, на разных высотных отметках, в различных климатических условиях. Поэтому в монтажных (особенно механомонтажных) организациях системе четкого контроля качества сварочных работ следует уделять особое внимание.

В монтажных организациях контрольные функции входного, текущего и приемочного контроля осуществляют работники управленческого персонала (отделы технической, производственный, подготовки производства, главного механика, снабжения и главный сварщик), сварочные лаборатории (сварочные подразделения строительно-монтажных лабораторий) и линейный персонал (мастера, прорабы, старшие прорабы, линейные механики). Отраслевого документа, который регламентировал бы обязанности каждого подразделения, каждого должностного лица по контролю качества, в настоящее время нет. Поэтому монтажные объединения (тресты, управления), исходя из конкретных условий своего производства, сами устанавливают порядок контрольных операций, разрабатывая и утверждая либо стандарты предприятия, либо положения по осуществлению контроля качества сварочно-монтажных работ. Как и на промышленных предприятиях, работу по организации контроля качества возглавляет главный инженер объединения (треста, управления).

При этом, как правило, основная тяжесть по осуществлению операций по контролю качества сварочных работ падает на работников сварочной лаборатории и линейный персонал. В их обязанности практически входит выполнение всех операций по текущему и приемочному контролю, а на сварочную лабораторию - еще и по входному контролю. Поэтому качество сварочных работ бывает обычно выше в тех организациях, где организованы дееспособные, хорошо оснащенные лаборатории.

В зависимости от своих функциональных обязанностей в монтажных организациях образуются лаборатории трех типов: строительные, строительно-монтажные сварочные (СМСЛ) и чисто сварочные.

Строительные лаборатории создаются в организациях, выполняющих работы общестроительного профиля, но связанные также с производством сварочных работ.

Строительно-монтажные сварочные лаборатории организуются в монтажных трестах и разрабатывают технологию, приспособления и оснастку для выполнения монтажно-сварочных работ, а также контролируют их качество.

Сварочные лаборатории создаются преимущественно в специализированных монтажных организациях с большим объемом ответственных сварочных работ. Эти лаборатории занимаются вопросами, связанными с проведением сборочно-сварочных операций, включая контроль качества.

Функции сварочных лабораторий можно разделить на три группы: контрольные (организация и проведение контрольных операций), квалификационные (аттестация и перееаттестация сварщиков) и технологические (разработка режимов, приспособлений и оснастки, внедрение новой сварочной

техники). Контрольные и квалификационные функции характерны для всех лабораторий, технологические - для крупных, хорошо оснащенных.

Классификация неразрушающих методов контроля качества сварных соединений

ГОСТ 3242-79 «Соединения сварные. Методы контроля качества» устанавливает шесть видов контроля качества и область применения методов при обнаружении дефектов сварных соединений металлов и сплавов, выполненных способами сварки, приведенными в ГОСТ 19521-74 "Сварка металлов. Классификация".

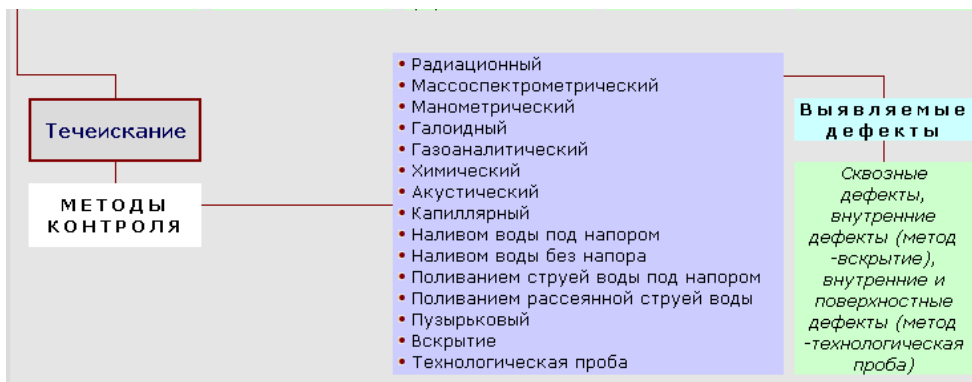
Дефекты сварных швов, зон термического влияния и основного металла при сварке металлов плавлением классифицированы в ГОСТ 30242-97 "Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения".

Виды неразрушающего контроля сварных соединений:

- технический осмотр;
- капиллярный;
- радиационный;
- акустический;
- магнитный;
- течеискание.

Применение неустановленных ГОСТ 3242 - 79 методов контроля качества предусматривается в технической документации на сварную конструкцию. Технология контроля сварных швов любым методом должна быть установлена в нормативно-технической документации на контроль.





Не разрушающие виды и методы контроля качества сварных соединений				
ВИДЫ КОНТРОЛЯ				
Технический осмотр	Капиллярный	Радиационный	Акустический	Магнитный
МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ				
Внешний осмотр и измерение	Цветной	Радиоскопический	Ультразвуковой	Магнито-феррозондовый ГОСТ 21104-75
	Люминесцентный	Радиометрический		Магнито-порошковый ГОСТ 21105-87
	Люминесцентно-цветной	Радиографический	ГОСТ 14782-86	Магнито-графический ГОСТ 25225-82
	ГОСТ 18442-80	ГОСТ 7512-82 ГОСТ 28277-89		
Выявляемые дефекты				
Поверхностные дефекты	Дефекты (несплошности), выходящие на поверхность	Внутренние и поверхностные дефекты (несплошности), а также дефекты формы соединения	Внутренние и поверхностные дефекты (несплошности)	Поверхностные, подповерхностные и внутренние несплошности

Более детально мы остановимся на методе **ультразвуковой дефектоскопии (УЗД)**, данный метод относится к акустическому виду неразрушающего контроля (**ГОСТ 3242-79**), применяется при толщине металла шва не менее 4 мм. Он основан на использовании ультразвуковых волн, представляющих собой упругие колебания материальной среды с частотой выше 0,5-0,25 МГц (выше той, которую способны воспринимать слуховые органы человека). В этом методе контроля (**ГОСТ 14782-86**) используется способность ультразвуковых волн отражаться от границы раздела двух сред, обладающих разными акустическими свойствами. Когда при прохождении через сварной шов, ультразвуковые волны встречают на своем пути дефекты (трещины, поры, шлаковые включения, расслоения и т. д.), они отражаются от границы раздела металл-дефект и могут быть зафиксированы при помощи специального ультразвукового дефектоскопа.

Для дефектоскопии сварных швов наиболее широко применяются **поперечные** (колебание частиц среды происходит перпендикулярно направлению

распространения волны) и *продольные* (колебание частиц среды происходит вдоль направления распространения волны) *ультразвуковые волны*.

■ Различают три основных метода ультразвуковой дефектоскопии: **теневого, зеркально - теневого** и **эхо-метод**. Для контроля сварных соединений наиболее широкое применение получил эхо-метод, при котором признаком обнаружения дефекта является прием искателем эхо-импульса от самого дефекта.

■ В **УЗД** применяют пьезоэлектрический способ получения УЗВ, заключающийся в преобразовании некоторыми естественными или искусственными пьезокристаллами механических колебаний в электрические (прямой пьезоэффект) и электрических в механические (обратный пьезоэффект).

■ С помощью пьезоэлектрического щупа ультразвукового дефектоскопа, помещенного на поверхность сварного соединения, в металл посылают направленные ультразвуковые колебания. Ультразвук вводят в изделие отдельными импульсами под углом 40°, 50°, 65°, 70°, 73° к поверхности металла. При встрече с дефектом возникает отраженная ультразвуковая волна, которая воспринимается либо другим щупом (приемным в случае двух-щуповой схемы), либо тем же (по дающим при одно-щуповой схеме) во время паузы между импульсами. Отраженный ультразвуковой сигнал преобразуется в электрический, усиливается и подается на трубку осциллографа, где фиксируется наличие дефекта в соединении в виде пика на экране.

■ Для ввода ультразвука в металл пространство между излучающей плоскостью искателя и поверхностью металла заполняют контактирующей средой - минеральным маслом или водой (эмульсией). В зависимости от толщины слоя контактирующей среды различают контактный и иммерсионный способы обеспечения акустического контакта.

■ Основные параметры контроля эталонируют согласно **ГОСТ 14782-86** при помощи комплекта стандартных образцов КОУ 2: СО-1; СО-2; СО-3 (обязательные образцы); СО-4 (рекомендуемый). Мерой эквивалентной площади выявленной несплошности является амплитуда отраженного от нее сигнала. Оценку эквивалентной площади осуществляют либо прямым сравнением с площадью эквивалентных отражателей, либо с помощью специальных диаграмм.

■ Для контроля используют дефектоскопы типа: TUD-320; TUD-310 - дефектоскоп с процессором, который позволяет получать твердую копию сигналов. **Ультразвуковой контроль** предназначен для выявления в сварных швах и околошовной зоне трещин, непроваров, несплавлений, пор, шлаковых включений и других дефектов без расшифровки их характера, но указанием координат, условных размеров и числа обнаруженных дефектов.

■ **УЗК** более надежно, чем просвечивание выявляет плоскостные дефекты (трещины, непровары кромок) ориентированные параллельно оси шва.

■ Наружные дефекты должны быть исправлены до проведения **УЗК**.

■ Поверхность шва и околошовной зоны на ширине 60-120 мм в обе стороны от шва должна быть зачищена механическим способом. Шероховатость поверхности подготовленной под **УЗК** должна быть не более Ra 6,3 (Rz-40).

***Дефектоскопия** (от лат. defectus — недостаток и ... скопия), комплекс методов и средств неразрушающего контроля материалов и изделий с целью обнаружения дефектов.

Акустические методы

Основаны на регистрации параметров упругих колебаний, возбужденных в контролируемом объекте (Под объектом контроля подразумеваются материалы, полуфабрикаты и готовые изделия). Применяются для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т. д.) в заготовках и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют измерять геометрические параметры при одностороннем доступе к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения.

К акустическим методам относятся методы звукового (импедансный, свободных колебаний и др.) и ультразвукового (эхо-импульсный, резонансный, теневой, эмиссионный, велосиметрический и др.) диапазонов.

Магнитные методы

Основаны на регистрации магнитных полей рассеяния над дефектами или магнитных свойств контролируемого объекта. Применяют для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов в деталях и полуфабрикатах различной формы, изготовленных из ферромагнитных материалов. К ним относятся магнитно-порошковый, магнитно-графический, феррозондовый, магнитно-индукционный и другие методы.

Магнитные поля рассеяния над дефектами регистрируются в магнитно-порошковом методе с помощью ферромагнитного порошка или суспензии, в магнитно-графическом — с помощью ферромагнитной ленты и в феррозондовом — с помощью чувствительных к магнитным полям феррозондов.

Магнитно-порошковый метод нашел широкое применение на заводах промышленности, ремонтных предприятиях и эксплуатирующих подразделениях. С его помощью надежно выявляют поверхностные трещины, микротрещины, волосовины, флокены и другие дефекты.

Магнитно-графический метод наибольшее применение получил для контроля сварных соединений. Он позволяет выявлять трещины, непровары, шлаковые и газовые включения и другие дефекты в стыковых сварных швах.

Феррозондовый метод применяют для обнаружения тех же дефектов, что и магнитно-порошковым методом, а также дефектов, расположенных на глубине до 20 мм. С его помощью измеряют толщину листов и стенок сосудов при двухстороннем доступе.

Оптические методы

Основаны на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом. Они предназначены для обнаружения различных поверхностных дефектов материала деталей, скрытых дефектов агрегатов, контроля закрытых конструкций, труднодоступных мест машин и силовых установок (при наличии каналов для доступа оптических приборов к контролируемым объектам). Регистрация поверхностных дефектов осуществляется с помощью оптических устройств, создающих полное изображение проверяемой зоны. Достоинства этих методов — простота контроля, несложное оборудование и сравнительно небольшая трудоемкость. Поэтому их применяют на различных стадиях изготовления деталей и элементов конструкций, в процессе регламентных работ и осмотров, проводимых при эксплуатации техники, а также при ее ремонте.

Так как контроль с помощью оптических приборов обладает невысокой чувствительностью и достоверностью, то его применяют для поиска достаточно крупных поверхностных трещин, коррозионных и эрозийных повреждений, забоин, открытых раковин, пор, для обнаружения течей, загрязнений, наличия посторонних предметов и т. д.

Методы контроля проникающими веществами

К ним относятся капиллярные методы и методы течеискания.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка.

При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают путем нанесения проявителя, который адсорбирует жидкость, образуя индикаторный рисунок. Эти методы применяют в цеховых, лабораторных и полевых условиях, при положительных и отрицательных температурах. Они позволяют обнаруживать дефекты производственно-технологического и эксплуатационного происхождения: трещины шлифовочные, термические, усталостные, волосовины, закаты и др. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы.

Благодаря высокой чувствительности, простоте контроля и наглядности результатов эти методы применяют не только для обнаружения, но и для подтверждения дефектов, выявленных другими методами дефектоскопии— ультразвуковым, магнитным, вихревых токов и др.

Наиболее распространенными капиллярными методами являются цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц, радиоактивных жидкостей и др.

Методы течеискания основаны на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты контролируемого объекта. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов гидро-, топливо-, масляных систем силовых установок и т. п. К методам течеискания относятся гидравлическая опрессовка, аммиачно-индикаторный метод, фреоновый, масс-спектрометрический, пузырьковый, с помощью гелиевого и галоидного течеискателей и т. д. Проведение течеискания с помощью радиоактивных веществ позволило значительно увеличить чувствительность метода.

Радиационные методы

Основаны на взаимодействии проникающих излучений с контролируемым объектом. Их применяют для контроля качества сварных и паяных швов, литья, качества сборочных работ, состояния закрытых полостей агрегатов и т. д. Проникающие излучения (рентгеновское, потока нейтронов, γ - и β -лучей), проходя через толщу материала детали и взаимодействуя с его атомами, несут различную информацию о внутреннем строении вещества и наличии скрытых дефектов внутри контролируемых объектов.

Наиболее распространенными радиационными методами являются рентгенография, рентгеноскопия и гамма-контроль, которые нашли применение на

предприятиях металлургии и машиностроения. В качестве источников проникающих излучений применяют рентгеновские аппараты, бетатроны, линейные ускорители и микротроны, гамма-дефектоскопы и др.

Радиоволновые методы

Основаны на регистрации изменения параметров электромагнитных колебаний, взаимодействующих с контролируемым объектом. Их применяют для контроля качества и геометрических размеров изделий из диэлектрических материалов (стеклопластики и пластмассы, резина, термозащитные и теплоизоляционные материалы, фибра), вибраций, толщины металлического листа и т. п. В качестве источников энергии служат магнетроны, клистроны, лампы обратной волны, преобразователи частоты, твердотельные генераторы, диоды Ганна и т. п.

Эти методы еще не нашли должного применения в промышленности, хотя и являются весьма перспективными. Так, с их помощью можно обнаруживать непрочности, расслоения (площадью от 10 мм² и более), воздушные включения, трещины (от 10 мкм и более), неоднородности по плотности, напряжения, измерять геометрические размеры и т. п.

Тепловые методы

Основаны на регистрации тепловых полей, температуры или теплового контраста контролируемого объекта. Их применяют для измерения температур, получения информации о тепловом режиме объекта, определения и анализа температурных полей, дефектов типа нарушения сплошности (расслоения, трещины и т. п.), выявления дефектов пайки многослойных соединений из металлов и неметаллов, склейки металл — металл, металл — неметалл и т. п. Контроль осуществляется с помощью термометров, термоиндикаторов, пирометров, инфракрасных микроскопов и радиометров и т. д.

Эти методы также пока применяют ограниченно, в основном в приборостроении для контроля радиоэлектронной аппаратуры. В пленочных проводниках и резисторах выявляют микротрещины, утонения, плохую адгезию, плохой контакт; в микросхемах — плохой контакт, нарушения теплового контакта, короткие замыкания, перегрев; в пленочных конденсаторах — токи утечки; в микродиодах и микротранзисторах — перегрев, неудовлетворительные контакты.

Электрические методы

Основаны на регистрации электростатических полей и электрических параметров контролируемого объекта. Их применяют для выявления раковин и других дефектов в отливках, расслоений в металлических листах, различных дефектов в сварных и паяных швах, трещин в металлических изделиях, растрескиваний в эмалевых покрытиях и органическом стекле и т. д. Кроме того, эти методы применяют для сортировки деталей, измерения толщин пленочных покрытий, проверки химического состава и определения степени термообработки металлических изделий. Наиболее распространенными из этих методов являются измерение электрического сопротивления, трибоэлектрический, термоэлектрический и др.

Электромагнитный (вихревых токов) метод

Основан на регистрации изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов,

наводимых этой катушкой в контролируемом объекте. Применяется для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет выявлять нарушения сплошности, в основном трещины, на различных по конфигурации деталях, в том числе имеющих покрытия. На основе метода вихревых токов разработаны приборы для измерения толщины листов и покрытий, диаметра проволоки и прутков. Применяют на заводах и ремонтных предприятиях. В условиях эксплуатации применяют для профилактического контроля лопаток турбин газотурбинных двигателей, сварных и литых узлов элементов конструкций и др.

Приведенный краткий обзор позволяет сделать вывод, что для контроля металлов и металлоизделий имеется достаточный арсенал методов и средств неразрушающего контроля.

Следует отметить, что методы НК не являются универсальными. Каждый из них может быть использован наиболее эффективно для обнаружения определенных дефектов. Так, например, с помощью радиационных методов можно выявлять внутренние дефекты в виде пустот и пор в деталях, изготовленных из различных материалов, однако нельзя обнаружить весьма опасные тонкие усталостные трещины. Для этой цели требуется применить другой, чувствительный к поверхностным трещинам метод, например капиллярный, магнитный или вихревых токов. Поэтому для контроля деталей ответственного назначения применяют два или несколько различных методов.

Применение комплексного контроля изделий в условиях производства и эксплуатации позволит повысить качество и надежность техники. Систематическое проведение НК на различных этапах технологического процесса и статистическая обработка результатов этих испытаний позволят устанавливать и устранять причины брака. При этом контроль становится активным методом корректировки технологического процесса.

Контроль керосином основан на физическом явлении капиллярности, которое заключается в способности керосина подниматься по капиллярным ходам - сквозным порам и трещинам. В процессе испытания сварные швы покрываются водным раствором мела с той стороны, которая более доступна для осмотра и выявления дефектов. После высушивания окрашенной поверхности с обратной стороны шов обильно смачивают керосином. Неплотности швов выявляют по наличию на меловом покрытии следов проникшего керосина. Появление отдельных пятен указывает на поры и свищи, полос - сквозных трещин и непроваров в шве. Благодаря высокой проникающей способности керосина обнаруживаются дефекты с поперечным размером 0,1 мм и менее.

Контроль аммиаком основан на изменении окраски некоторых индикаторов (раствор фенолфталеина, азотнокислой ртути) под воздействием щелочей. В качестве контролирующего реагента применяется газ аммиак. При испытании на одну сторону шва укладывают бумажную ленту, смоченную 5%-ным раствором индикатора, а с другой стороны шов обрабатывают смесью аммиака с воздухом. Аммиак, проникая через неплотности сварного шва, окрашивает индикатор в местах залегания дефектов.

Контроль воздушным давлением (сжатым воздухом или другими газами) подвергают сосуды и трубопроводы, работающие под давлением, а также

резервуары, цистерны и т.п. Это испытание проводят с целью проверки общей герметичности сварного изделия. Малогабаритные изделия полностью погружают в ванну с водой, после чего в него подают сжатый воздух под давлением, на 10 - 20% превышающим рабочее. Крупногабаритные конструкции после подачи внутреннего давления по сварным швам покрывают пенным индикатором (обычно раствор мыла). О наличии неплотностей в швах судят по появлению пузырьков воздуха. При испытании сжатым воздухом (газами) следует соблюдать правила безопасности.

Контроль гидравлическим давлением применяют при проверке прочности и плотности различных сосудов, котлов, паро-, водо- и газопроводов и других сварных конструкций, работающих под избыточным давлением. Перед испытанием сварное изделие полностью герметизируют водонепроницаемыми заглушками. Сварные швы с наружной поверхности тщательно просушивают обдувом воздухом. Затем изделие заполняют водой под избыточным давлением, в 1,5 - 2 раза превышающим рабочее, и выдерживают в течение заданного времени. Дефектные места определяют по проявлению течи, капель или увлажнению поверхности швов.

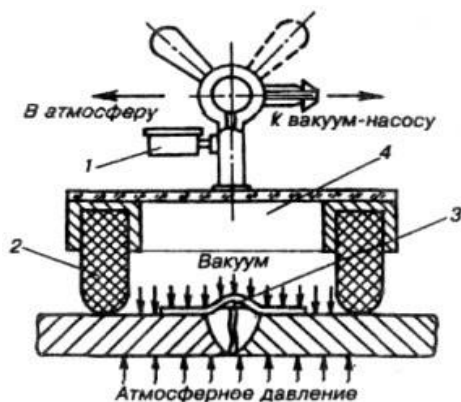


Рис. 11. Вакуумный контроль шва: 1 – вакуумметр, 2 - резиновое уплотнение, 3 - мыльный раствор, 4 - камера.

Вакуумному контролю подвергают сварные швы, которые невозможно испытать керосином, воздухом или водой и доступ к которым возможен только с одной стороны. Его широко применяют при проверке сварных швов днищ резервуаров, газгольдеров и других листовых конструкций. Сущность метода заключается в создании вакуума на одной стороне контролируемого участка сварного шва и регистрации на этой же стороне шва проникновения воздуха через имеющиеся неплотности. Контроль ведется с помощью переносной вакуум-камеры, которую устанавливают на наиболее доступную сторону сварного соединения, предварительно смоченную мыльным раствором.

В зависимости от формы контролируемого изделия и типа соединения могут применяться плоские, угловые и сферические вакуум-камеры. Для создания вакуума в них применяют специальные вакуум-насосы.

Люминесцентный контроль методом красок, называемый также капиллярной дефектоскопией, проводят с помощью специальных жидкостей, которые наносят на контролируемую поверхность изделия. Эти жидкости, обладающие большой смачивающей способностью, проникают в мельчайшие поверхностные дефекты - трещины, поры, непровары. Люминесцентный контроль основан на свойстве некоторых веществ светиться под действием ультрафиолетового облучения. Перед контролем поверхности шва и околошовной зоны очищают от шлака и загрязнений, на них наносят слой проникающей жидкости, которая затем удаляется, а изделие просушивается. Для обнаружения дефектов поверхность облучают ультрафиолетовым излучением - в местах дефектов следы жидкости обнаруживаются по свечению.

Контроль методом красок заключается в том, что на очищенную поверхность сварного соединения наносится смачивающая жидкость, которая под действием капиллярных сил проникает в полость дефектов. После ее удаления на поверхность шва наносится белая краска. Выступающие следы жидкости обозначают места расположения дефектов.

Контроль газозлектрическими течеискателями и применяют для испытания ответственных сварных конструкций, так как такие течеискатели достаточно сложны и дорогостоящи. В качестве газа-индикатора в них используется гелий. Обладая высокой проникающей способностью, он способен проходить через мельчайшие несплошности в металле и регистрируется течеискателем. В процессе контроля сварной шов обдувают или внутренний объем изделия заполняют смесью газа-индикатора с воздухом. Проникающий через неплотности газ улавливается щупом и анализируется в течеискателе.

Для обнаружения скрытых внутренних дефектов применяют следующие методы контроля.

Магнитные методы контроля основаны на обнаружении полей магнитного рассеяния, образующихся в местах дефектов при намагничивании контролируемых изделий. Изделие намагничивают, замыкая им сердечник электромагнита или помещая внутрь соленоида. Требуемый магнитный поток можно создать и пропусканием тока по виткам (3 - 6 витков) сварочного провода, наматываемого на контролируемую деталь.

В зависимости от способа обнаружения потоков рассеяния различают следующие методы магнитного контроля: метод магнитного порошка, индукционный и магнитографический. При методе магнитного порошка на поверхность намагниченного соединения наносят магнитный порошок (окалина, железные опилки) в сухом виде (сухой способ) или суспензию магнитного порошка в жидкости (керосин, мыльный раствор, вода - мокрый способ). Над местом расположения дефекта создадутся скопления порошка в виде правильно ориентированного магнитного спектра.

Для облегчения подвижности порошка изделие слегка обстукивают. С помощью магнитного порошка выявляют трещины, невидимые невооруженным глазом, внутренние трещины на глубине не более 15 мм, расслоение металла, а также крупные поры, раковины и шлаковые включения на глубине не более 3 - 5 мм. При индукционном методе магнитный поток в изделии наводят электромагнитом переменного тока.

Дефекты обнаруживают с помощью искателя, в катушке которого под воздействием поля рассеяния индуцируется ЭДС, вызывающая оптический или звуковой сигнал на индикаторе. При магнитографическом методе поле рассеяния фиксируется на эластичной магнитной ленте, плотно прижатой к поверхности соединения.

Запись воспроизводится на магнитографическом дефектоскопе. В результате сравнения контролируемого соединения с эталоном делается вывод о качестве соединения.

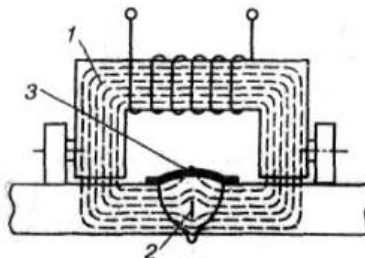


Рис. 12. Магнитная запись дефектов на ленту:

1 - подвижный электромагнит, 2 - дефект шва, 3 - магнитная лента.

Радиационные методы контроля являются надежным и широко распространенными методами контроля, основанными на способности рентгеновского и гамма-излучения проникать через металл. Выявление дефектов при радиационных методах основано на разном поглощении рентгеновского или гамма-излучения участками металла с дефектами и без них. Сварные соединения просвечивают специальными аппаратами. С одной стороны шва на некотором расстоянии от него помещают источник излучения, с противоположной стороны плотно прижимают кассету с чувствительной фотопленкой. При просвечивании лучи проходят через сварное соединение и облучают пленку. В местах, где имеются поры, шлаковые включения, непровары, крупные трещины, на пленке образуются темные пятна. Вид и размеры дефектов определяют сравнением пленки с эталонными снимками. Источниками рентгеновского излучения служат специальные аппараты (РУП-150-1, РУП-120-5-1 и др.).

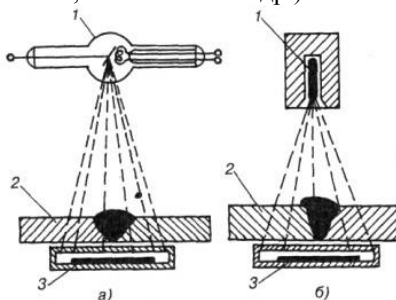


Рис. 13. Схема радиационного просвечивания швов: а - рентгеновское, б - гамма-излучением: 1 - источник излучения, 2 - изделие, 3 – чувствительная пленка

Рентгенопросвечиванием целесообразно выявлять дефекты в деталях толщиной до 60 мм. Наряду с рентгенографированием (экспозицией на пленку) применяют и рентгеноскопию, т.е. получение сигнала о дефектах при просвечивании металла на экран с флуоресцирующим покрытием. Имеющиеся дефекты в этом случае рассматривают на экране. Такой способ можно сочетать с телевизионными устройствами и контроль вести на расстоянии.

При просвечивании сварных соединений гамма-излучением источником излучения служат радиоактивные изотопы: кобальт-60, тулий-170, иридий-192 и др. Ампула с радиоактивным изотопом помещается в свинцовый контейнер. Технология выполнения просвечивания подобна рентгеновскому просвечиванию. Гамма-излучение отличается от рентгеновского большей жесткостью и меньшей длиной волны, поэтому оно может проникать в металл на большую глубину. Оно позволяет просвечивать металл толщиной до 300 мм. Недостатками просвечивания гамма-излучением по сравнению с рентгеновским являются меньшая чувствительность при просвечивании тонкого металла (менее 50 мм), невозможность регулирования интенсивности излучения, большая опасность гамма-излучения при неосторожном обращении с гамма-аппаратами.

Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых волн проникать в металл на большую глубину и отражаться от находящихся в нем дефектных участков. В процессе контроля пучок ультразвуковых колебаний от вибрирующей пластинки-щупа (пьезокристалла) вводится в контролируемый шов. При встрече с дефектным участком ультразвуковая волна отражается от него и улавливается другой пластинкой-щупом, которая преобразует ультразвуковые колебания в электрический сигнал.

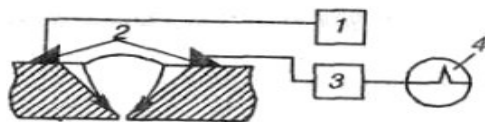


Рис. 14. Ультразвуковой контроль швов: 1 - генератор УЗК, 2 - щуп, 3 - усилитель, 4 - экран.

Эти колебания после их усиления подаются на экран электронно-лучевой трубки дефектоскопа, которые свидетельствуют о наличии дефектов. По характеру импульсов судят о протяженности дефектов и глубине их залегания. Ультразвуковой контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления и предварительной обработки поверхности шва.

Ультразвуковой контроль имеет следующие преимущества: высокая чувствительность (1 - 2%), позволяющая обнаруживать, измерять и определять местонахождение дефектов площадью 1 - 2 мм²; большая проникающая способность ультразвуковых волн, позволяющая контролировать детали большой толщины; возможность контроля сварных соединений с односторонним подходом; высокая производительность и отсутствие громоздкого оборудования.

Существенным недостатком ультразвукового контроля является сложность установления вида дефекта. Этот метод применяют и как основной вид контроля, и

как предварительный с последующим просвечиванием сварных соединений рентгеновским или гамма-излучением.

Методы контроля с разрушением сварных соединений

К этим методам контроля качества сварных соединений относятся механические испытания, металлографические исследования, специальные испытания с целью получения характеристик сварных соединений. Эти испытания проводят на сварных образцах, вырезаемых из изделия или из специально сваренных контрольных соединений - технологических проб, выполненных в соответствии с требованиями и технологией на сварку изделия в условиях, соответствующих сварке изделия.

Целью испытаний является: оценка прочности и надежности сварных соединений и конструкций; оценка качества основного и присадочного металла; оценка правильности выбранной технологии; оценка квалификации сварщиков.

Свойства сварного соединения сопоставляют со свойствами основного металла. Результаты считаются неудовлетворительными, если они не соответствуют заданному уровню.

Механические испытания проводятся по ГОСТ 6996-66, предусматривающему следующие виды испытаний сварных соединений и металла шва: испытание сварного соединения в целом и металла разных его участков (наплавленного металла, зоны термического влияния, основного металла) на статическое растяжение, статистический изгиб, ударный изгиб, стойкость против старения, измерение твердости.

Контрольные образцы для механических испытаний выполняют определенных размеров и формы.

Испытаниями на статическое растяжение определяют прочность сварных соединений. Испытаниями на статический изгиб определяют пластичность соединения по величине угла изгиба до образования первой трещины в растянутой зоне. Испытания на статический изгиб проводят на образцах с продольными и поперечными швами со снятым усилением шва заподлицо с основным металлом. Испытаниями на ударный изгиб, а также разрыв определяют ударную вязкость сварного соединения. По результатам определения твердости судят о структурных изменениях и степени подкалки металла при охлаждении после сварки.

Основной задачей металлографических исследований являются установление структуры металла и качества сварного соединения, выявление наличия и характера дефектов. Металлографические исследования включают в себя макро- и микроструктурные методы анализа металлов.

При макроструктурном методе изучают макрошлифы и изломы металла невооруженным глазом или с помощью лупы. Макроисследование позволяет определить характер и расположение видимых дефектов в разных зонах сварных соединений.

При микроструктурном анализе исследуется структура металла при увеличении в 50 - 2000 раз с помощью оптических микроскопов. Микроисследование позволяет установить качество металла, в том числе обнаружить пережог металла, наличие оксидов, засоренность металла шва

неметаллическими включениями, величину зерен металла, изменение состава его, микроскопические трещины, поры и некоторые другие дефекты структуры. Методика изготовления шлифов для металлографических исследований заключается в вырезке образцов из сварных соединений, шлифовке, полировке и травлении поверхности металла специальными травителями. Металлографические исследования дополняются измерением твердости и при необходимости химическим анализом металла сварных соединений. Специальные испытания проводят с целью получения характеристик сварных соединений, учитывающих условия эксплуатации сварных конструкций: определение коррозионной стойкости для конструкций, работающих в различных агрессивных средах; усталостной прочности при циклических нагружениях; ползучести при эксплуатации в условиях повышенных температур и др.

Применяют также и методы контроля с разрушением изделия. В ходе таких испытаний устанавливают способность конструкций выдерживать заданные расчетные нагрузки и определяют разрушающие нагрузки, т.е. фактический запас прочности. При испытаниях изделий с разрушением схема нагружения их должна соответствовать условиям работы изделия при эксплуатации. Число изделий, подвергающихся испытаниям с разрушением, устанавливается техническими условиями и зависит от степени их ответственности, системы организации производства и технологической отработанности конструкции.

К разрушающим методам контроля относятся способы испытания контрольных образцов с целью получения необходимых характеристик сварного соединения.

Эти методы могут применяться как на контрольных образцах, так и на отрезках, вырезанных из самого соединения. В результате разрушающих методов контроля проверяют правильность подобранных материалов, выбранных режимов и технологий, осуществляют оценку квалификации сварщика.

Механические испытания являются одним из основных методов разрушающего контроля. По их данным можно судить о соответствии основного материала и сварного соединения техническим условиям и другим нормативам, редусмотренным в данной отрасли.

К механическим испытаниям относят:

- испытание сварного соединения в целом на различных его участках (наплавленного металла, основного металла, зоны термического влияния) на статическое (кратковременное) растяжение;
- статический изгиб;
- ударный изгиб (на надрезанных образцах);
- на стойкость против механического старения;
- измерение твердости металла на различных участках сварного соединения.

Контрольные образцы для механических испытаний варят из того же металла, тем же методом и тем же сварщиком, что и основное изделие.

В исключительных случаях контрольные образцы вырезают непосредственно из контролируемого изделия.

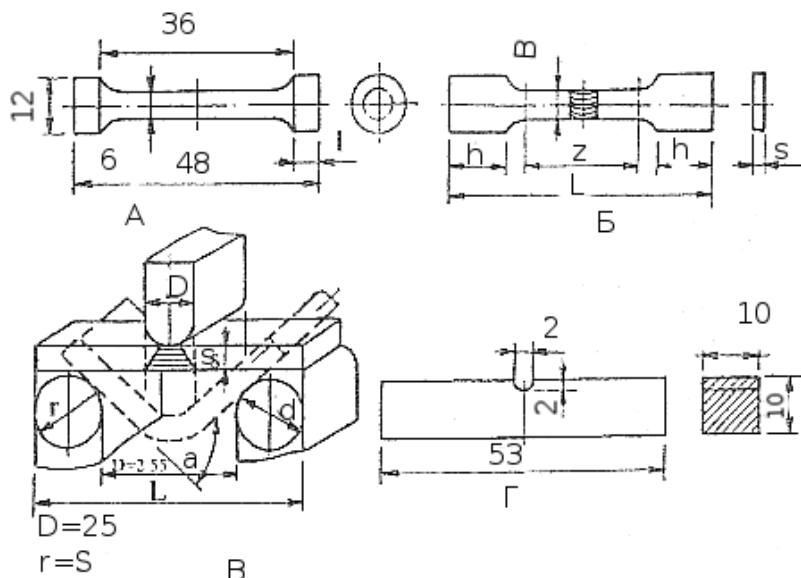


Рис. 15 Варианты образцов для определения механических свойств (размеры в мм): А-Б-на растяжение наплавленного металла (А) и сварного соединения(Б); В-на изгиб; Г-на ударную вязкость.

Статическим растяжением испытывают прочность сварных соединений, предел текучести, относительное удлинение и относительное сужение. Статический изгиб проводят для определения пластичности соединения по величине угла изгиба до образования первой трещины в растянутой зоне. Испытания на статический изгиб проводят на образцах с продольными и поперечными швами со снятым усилением шва заподлицо с основным металлом.

Ударный изгиб - испытание, определяющее ударную вязкость сварного соединения. По результатам определения твердости можно судить о прочностных характеристиках, структурных изменениях металла и об устойчивости сварных швов против хрупкого разрушения. В зависимости от технических условий изделие может подвергаться ударному разрыву.

СТАЛИ, СКЛОННЫЕ К ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ПРИ СВАРКЕ В СВАРНОМ ШВЕ И ОКОЛОШОВНОЙ ЗОНЕ

1. Низкоуглеродистые и низколегированные:

- 16ГС, 09Г2С, 17ГС, 10Г2С1, 20К - при ручной сварке деталей толщиной более 36 мм;

- 14Х2ГМР, 16Г2АФ, 15Г2СФ, 10ХСНД - при ручной сварке или толщине более 10 мм.

2. Теплостойкие хромомолибденовые и хромистые: 12ХМ, 15ХМ, 12М, 12Х1МФ, 1Х2М1, 15Х5, 15Х5МУ, 15Х5ВФ, 12Х8ВФ, Х9М, Х8.

3. Аустенитные коррозионностойкие стали и сплавы без ферритной фазы: 02Х8Н22С6, 03Х19АГЗН10, 03Х21Н21М4ГБ, 03Х17Н14М3, 08Х17Н15М3Г, 08Х18Н12Б, 10Х14Г14Н4Т, 06ХН28МДТ, 03ХН28МТД, ХН32Т, ХН78Т - при толщине 10 мм и более.

4. Высокохромистые ферритные коррозионностойкие:

08Х13, 08Х17Т, 15Х25Т - при толщине более 10 мм; 20Х13.

5. Двухслойные коррозионностойкие стали - переходной шов (термин определен РТМ 26-168-81).

Примечание: в соединениях элементов разной толщины склонность к трещинам определяется элементом большей толщины.

ФОРМА ЖУРНАЛА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Заказчик

ЖУРНАЛ контроля качества сварных соединений

Объем контроля.....

Материал.....

Вид контроля.....

Маркировка	Оценка качества шва		Примечание
	После контроля	После исправления дефектов и повторного контроля	

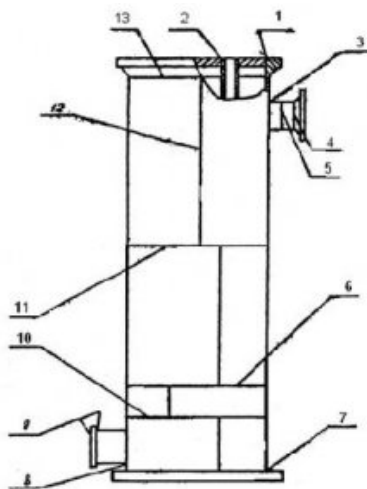
Приложение _____

Начальник лаборатории			
	(личная подпись)		(расшифровка подписи)
Испытание проводил			
	(личная подпись)		(расшифровка подписи)

Пример оформления карты контроля

СХЕМА
расположения сварных швов и методы их контроля (карта контроля)

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ	НОМЕР СВАРНОГО ШВА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Внешний осмотр и измерение	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Визуальный послойный контроль							+	+	+		+		
Рентгенотелевизионный контроль с УЗД										+			
Радиографический контроль				+	+								+
УЗД			+			+						+	
Магнитопорошковый контроль									+				
Цветная дефектоскопия	+	+					+	+			+		
Гидравлический с люминесцентным индикаторным покрытием	+						+		+		+		
Гидроиспытания		+	+	+	+	+		+		+		+	+



Перечень сварных швов

Доступных радиографии и УЗД	Недоступных радиографии и УЗД
№№ 3*, 4, 5, 6, 10, 12, 13	№№ 1, 2, 7, 8, 9, 11

Примечание: 1. На все сварные соединения конкретного аппарата указываются вид разделки кромок и исполнение сварных швов (полный провар, конструктивный зазор).

2.* - Для штуцеров внутренним диаметром более 100 мм.

3.** - Для штуцеров внутренним диаметром менее 100 мм.

4. Методы контроля сварного шва 11 предусмотрены для случая замыкающего шва.

Наименование неисправности и дополнительные признаки	Вероятная причина возникновения неисправности	Способ устранения
Периодическое прерывание электродной проволоки к изделию	Малая сила сварочного тока Большая скорость подачи электродной проволоки	Увеличить силу сварочного тока Уменьшить скорость подачи электродной проволоки
Быстрый износ подающих роликов Пористость в металле шва	Чрезмерное нажатие прижимных роликов Плохая газовая защита зоны сварки Повышенная влажность защитного газа Повышенное напряжение сварочной дуги Неправильно выбрана марка электродной проволоки	Ослабить нажатие пружи Проверить качество газовой защиты Установить осушитель газа, поменять баллон Уменьшить напряжение дуги Поменять проволоку

Вопросы для самоконтроля

1. Требования, предъявляемые к контролю качества металлов и сварных соединений
2. Классификация методов контроля сварных соединений.
3. Выбор метода контроля в зависимости от условий работы сварной конструкции, ее габаритов и типа сварного соединения.
4. Классификация неразрушающих методов контроля качества сварных соединений
5. Виды неразрушающего контроля сварных соединений
6. Методы контроля сварных соединений
7. Оборудование для контроля качества сварных соединений.
8. Контроль внешним осмотром и измерением с помощью универсальных и специальных инструментов, шаблонов и контрольных приспособлений.
9. Определение качества сборки и прихватки наружным осмотром и обмером.
10. Испытания на сплющивание и ударный разрыв образцов из сварных швов.
11. Металлографический контроль.
12. Оформление документации по контролю качества сварки

Практическое занятие №1:

Выбор методов контроля сварных соединений

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Три основные группы дефектов швов сварных соединений.
2. Какие параметры сварных соединений и швов изложены в ГОСТах на ручную дуговую, механизированную газозлектрическую и сварку под флюсом.
3. Типы сварных соединений. Виды сварных швов по геометрии.
4. Какие параметры относятся к форме и размерам сварочных кромок и выполненных сварных швов.
5. Какие существуют наиболее частые дефекты сварных швов при сварке плавлением, выявленных внешним осмотром.

6. Причины возникновения дефектов при ручной и полуавтоматической сварках.
7. Причины возникновения дефектов при автоматической сварке.
8. Дефекты, нарушающие форму и размеры шва при сварке плавлением.
9. Что такое наплывы («натёки») в сварных швах и причины их образования.
10. Что такое подрезы в сварных швах? Причины их образования.
11. Что такое прожоги в сварных швах? Причины их образования.
12. Что такое кратеры в сварных швах? Причины их образования.
13. Перечислить дефекты макроструктуры сварных швов, выявляемые ВИК. Каким прибором они выявляются?
14. Что такое газовые поры? Разновидности в сварных швах. Причины образования.
15. Что такое шлаковые включения? Формы и размеры в швах. Причины образования.
16. Что такое непровар? Причины образования.
17. Что такое трещины? Классификация. Причины возникновения горячих и холодных трещин.
18. Классификация дефектов микроструктуры. Причины возникновения дефектов.
19. Причины возникновения напряжений и деформаций в сварных конструкциях. Два вида усадки швов в сварных соединениях.
20. Методы устранения дефектов сварных соединений.
21. Методы исправления деформированных сварных конструкций: правкой, термической правкой, наложением добавочных сварных швов.
22. Методы уменьшения сварочных внутренних напряжений.
23. Сущность контроля качества основного металла.
24. Способы оценки свариваемости металлов и их сплавов.
25. Контроль качества электродов.
26. Контроль качества флюсов.
27. Контроль качества защитных газов.
28. Контроль качества сварочной и наплавочной проволоки.
29. Контроль качества заготовок и их сборки под сварку.
30. Контроль сварочного оборудования и приборов.
31. Контроль качества и состояния вспомогательного механического оборудования, приспособлений, шаблонов и т.п.
32. Предварительный контроль квалификации сварщиков, дефектоскопистов УЗД и РГК.
33. Контроль качества заготовок или деталей и их сборки под сварку.
34. Контроль качества сборки под сварку.
35. Контроль технологического процесса сварки.
36. Контроль качества сварных швов внешним осмотром.
37. Контроль размеров сварных швов (измерением).
38. Контроль непроницаемости (плотности) сварных швов и соединений, его назначение.
39. Контроль керосином (керосиновая проба).
40. Контроль воздушным давлением (пневматическое испытание).

41. Контроль гидравлическим давлением (гидравлическое испытание).
42. Вакуумный контроль.
43. Контроль аммиаком.
44. Контроль газозлектрическими течеискателями.
45. Ультразвуковой контроль.
46. Контроль рентгеновским просвечиванием.
47. Магнитографический контроль. Метод магнитной дефектоскопии.
48. Метод цветной дефектоскопии (метод красок).
49. Механические испытания сварных швов и соединений.

Перечень практических работ

№ раздела	Наименование работы
Раздел 1	Практические занятия № 1, 2: «Выбор способа сварки» «Сварочное оборудование (по способам сварки)»
Раздел 2	Практические занятия № 3, 4: «Типы сварных швов» «Устранение дефектов сварных соединений»
Раздел 3	Практическое занятие № 5: «Выбор методов контроля сварных соединений»

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Необходимым этапом самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения над программным материалом является выполнение одной контрольной работы по предложенному варианту. Зачётная контрольная работа предъявляется до экзамена.

Контрольная работа - это самостоятельная работа студента с литературой, ответы на поставленные вопросы и выполнение конкретных заданий, она должна показать умение студента кратко и четко отвечать на поставленные в теме вопросы, подбирать и использовать необходимые для ответа материалы.

Цель конкретной работы - привить навыки самостоятельного изучения учебного материала, закрепление знаний по изучаемой дисциплине.

Контрольная работа должна быть выполнена в установленные учебным графиком сроки, по правильному варианту и выполнена в соответствии с требованиями.

К выполнению работы следует приступить только после тщательного изучения теоретического материала согласно содержанию программы.

Ответы на вопросы нужно начинать с новой страницы. Вопросы необходимо переписывать полностью. Ответы на них должны быть четкими и конкретными, содержать необходимые иллюстрации (схемы, графики, таблицы), ссылки на литературу.

Получив контрольную работу после проверки, студент должен ознакомиться с рецензией и с учетом замечаний доработать отдельные вопросы.

Незачтенная контрольная работа возвращается студенту, выполняется новая контрольная работа по указанному преподавателем варианту и сдается этому же преподавателю на проверку с незачтенной контрольной работой.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета. Студенты, не выполнившие контрольные работы или получившие за них отрицательную оценку (незачет), к сдаче экзамена не допускаются.

При написании и оформлении контрольных работ необходимо соблюдать следующие правила:

1. Текст печатается на стандартных листах формата А4 с одной стороны шрифтом TimesNewRoman размером 14 кеглей (через 1,5 интервала), сноски, таблицы (шрифт – 12, через 1 интервал), с оставлением полей: слева – 30 мм, сверху – 25 мм, справа – 10 мм, снизу – 25 мм.

Расстановка переносов – автоматически, абзац – 1,25, выравнивание – по ширине без отступов.

2. В работе используется сквозная нумерация страниц, включая библиографию и приложения. На первой странице (титальном листе) номер не ставится, оглавление работы нумеруется цифрой 2. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в правом верхнем углу страницы.

Каждая часть, библиография, приложения начинаются с новой страницы.

3. Для контрольной работы используется титульный лист установленной формы (форма утвержденного титульного листа общая для всех контрольных работ

находится на сайте техникума)

4. Таблицы, рисунки должны иметь порядковый номер и название;

5. Приложения должны иметь порядковый номер (Приложение 1 и т.д.)...,

6. Объем работы от 10 до 15 страниц без приложений.

7. Завершает работу список использованных источников, который должен быть оформлен строго в соответствии с установленными правилами.

8. В конце контрольной работы следует поставить дату выполнения контрольной работы и свою подпись.

9. Выбор варианта.

Вариант контрольной работы определяется по последней цифре студенческого билета. Например, ваш шифр 149, следовательно, номер варианта 9. Контрольная работа состоит из теоретических вопросов.

Контрольная работа

1. Методы контроля металлов и сварных соединений

2. Дефекты сварных соединений

3. Измерение основных размеров сварных швов

4. Определение качества сборки и прихватки

5. Металлографический контроль

6. Способы получения сварных соединений

7. Способы устранения дефектов сварных соединений

8. Способы контроля качества сварочных процессов и сварных соединений

9. Методы неразрушающего контроля сварных соединений

10. Методы контроля с разрушением сварных соединений и конструкций

11. Оборудование для контроля качества сварных соединений

12. Требования, предъявляемые к контролю качества металлов и сварных соединений различных конструкций

13. Физические основы и классификация процессов сварки.

14. Виды и способы сварки.

15. Характеристика способов сварки.

16. Выбор способа сварки.

17. Классификация сварочного оборудования.

18. Материалы для сварки.

19. Основные требования, предъявляемые к оборудованию для сварки.

20. Оборудование для различных способов сварки.

21. Оборудование для радиационного метода контроля

22. Оборудование для галоидного метода контроля

23. Оборудование для газоаналитического контроля

24. Оборудование для акустического метода контроля

25. Оборудование для капиллярного метода контроля

26. Оборудование для гидравлического метода контроля

27. Технологическая проба

28. Оборудование для ультразвукового метода контроля

29. Роботизация сварочного производства.

30. Типы сварных швов и соединений.

31. Основные дефекты сварных соединений и причины их возникновения.
32. Влияние дефектов на работоспособность конструкций.
33. Методы предупреждения и устранения дефектов сварных изделий и конструкций.
34. Требования, предъявляемые к контролю качества металлов и сварных соединений различных конструкций.
35. Контроль металлов. Классификация методов контроля сварных соединений.
36. Выбор метода контроля в зависимости от условий работы сварной конструкции, ее габаритов и типа сварного соединения.
37. Классификация методов неразрушающего контроля.
38. Оборудование для контроля качества сварных соединений.
39. Контроль внешним осмотром и измерением с помощью универсальных и специальных инструментов, шаблонов и контрольных приспособлений.
40. Определение качества сборки и прихватки наружным осмотром и обмером.

Табл. 1 – Перечень заданий в соответствии с вариантом

№ варианта	Номера заданий			
1	1	11	21	31
2	2	12	22	32
3	3	13	23	33
4	4	14	24	34
5	5	15	25	35
6	6	16	26	36
7	7	17	27	37
8	8	18	28	38
9	9	19	29	39
0	10	20	30	40

5. ЛИТЕРАТУРА

Основные источники:

1. Контроль качества сварных соединений: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 208 с.

2. Портной В.К. Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа [Электронный ресурс] : учебник / В.К. Портной, А.И. Новиков, И.С. Головин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2015. — 508 с. — 978-5-87623-856-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57262.html>

3. Дресвянников А.Ф. Базовые понятия, определения и приемы расчетов показателей качества материалов и изделий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ф. Дресвянников, М.Е. Колпаков, И.Д. Сорокина. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 183 с. — 978-5-7882-1777-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61820.html>

4. Федосов, С.А. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Федосов, И.Э. Оськин. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2014. — 125 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63218> ;

Дополнительные источники:

5. Овчинников В.В. Контроль качества сварных соединений.- М.: ИЦ «Академия», 2009. - 208 с.

6. Маслов Б.Г. Производство сварных конструкций.- М.: ИЦ «Академия», 2010. - 288 с.

7. Овчинников В.В. Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов: иллюстрированное учеб. пособие - М.: ИЦ «Академия», 2010 г.

8. Чернышов Г.Г. Технология электрической сварки плавлением М.: ИЦ «Академия», 2010. - 496 с.

9. Гончаров А.Н. Контроль качества сварных и паяных соединений [Электронный ресурс] : курс лекций / А.Н. Гончаров, В.В. Карих, С.В. Лебедев. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. — 238 с. — 978-5-88247-522-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17713.html>

10. Банов М.Д. Специальные способы сварки и резки.- М.: ИЦ «Академия», 2009.-208 с.

11. Милютин В.С. Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением.- М.: ИЦ «Академия», 2010.-368 с.

12. Моисеенко В.П. Материалы и их поведение при сварке.- Ростов н/Д: Феникс, 2009.-300,[1] с. ил.

13. Производство сварных конструкций: учебник для студентов учреждений сред.проф.образования/ Б.Г. Маслов , А.П. Выборнов – 2-е изд., - М.: Издательский центр Академия, 2008.

14. Сварочные работы: учеб.для нач.проф.образования/ В.И Маслов. – 2-е изд., - М: Издательский центр ПрофОбрИздат, 2008.

15. Сварочное дело: : учеб.для нач.проф.образования/ Г.Г. Чернышов– 2-е изд., –М: Издательский центр «Академия», 2007.

16. Справочник электрогазосварщика и газорезчика: учеб.пособие для нач.проф.образования / Чернышов Г.Г., Г.В. Полевой, А.П. Выборнов и др. – 2-е изд., М: Издательский центр «Академия», 2007.

Электронная библиотека	- Электронно-библиотечная система "Iprbookshop" http://www.iprbookshop.ru/6951.html .
------------------------	--

Периодические издания:

17. Информационно-технический журнал «Сварщик»

18. Журнал «Автоматизированная сварка» -
<http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> ;

19. Информационно-технический журнал «Сварщик в России» -
<http://booktech.ru/journals/svarshchik-v-rossii/2341-svarshchik-v-rossii-2013-06.html> .

Интернет-ресурсы:

20. Портал «Сварка, резка, металлообработка». [Электронный ресурс]: Режим ввода: <https://www.autowelding.ru/> ;

21. Портал сварных конструкций. [Электронный ресурс]: Режим ввода: www.svarkov.ru ;

22. Информационный портал «Сварка и Пайка». [Электронный ресурс]: Режим ввода: <http://svarkaipayka.ru/o-sayte> ;

23. Сборник видео по сварке. [Электронный ресурс]: Режим ввода: <https://www.youtube.com/channel/UCIgbfMKZSIKN8SI-aCT2o2g> ;

24. Форум сварщиков. [Электронный ресурс]: Режим ввода: <http://websvarka.ru/talk/> .