

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор колледжа

С.Н.Козлов

18.06.2025

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА,
ЗАДАНИЯ НА ДОМАШНЮЮ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2-36 01 06 «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

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

Рецензент: Селиванова Ю.В., преподаватель высшей квалификационной категории учреждения образования «Могилевский государственный политехнический колледж»

Разработано на основе учебной программы по учебному предмету профессионального компонента учебного плана учреждения образования по специальности 2-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства», для реализации образовательной программы среднего специального образования, обеспечивающей получение квалификации специалиста со средним специальным образованием, утверждённой директором колледжа, 2024.

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

Пояснительная записка

Настоящая учебная программа по учебному предмету «Контроль качества сварных конструкций» (далее – учебная программа) предусматривает изучение современных методов контроля качества процессов сварки и сварных соединений.

В процессе преподавания учебного предмета необходимо учитывать межпредметные связи программного учебного материала с такими учебными предметами учебного плана учреждения образования по специальности, как «Технология сварки плавлением», «Производство сварных конструкций», «Технология и оборудование сварки давлением», «Технология и оборудование газопламенной обработки металлов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

В ходе изложения программного учебного материала необходимо руководствоваться нормативными правовыми актами, техническими нормативными правовыми актами, соблюдать единство терминологии и обозначений.

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

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

В целях контроля усвоения программного учебного материала предусмотрено проведение одной обязательной контрольной работы.

В результате изучения учебного предмета «Контроль качества сварных конструкций» учащиеся должны:

знать на уровне представления:

область применения и технологию современных методов контроля качества сварных соединений;

теоретические основы методов контроля качества;

знать на уровне понимания:

классификацию основных методов контроля качества сварных соединений;

технологические особенности неразрушающих и разрушающих методов контроля;

устройство и назначение оборудования, принадлежностей и дефектоскопических материалов;

принципы выбора наиболее эффективного и надежного метода контроля качества сварных конструкций;

требования охраны труда при проведении контроля качества сварных конструкций;

уметь:

пользоваться стандартами и нормативными техническими документами на контроль качества сварных соединений;

выбирать наиболее эффективный и надежный метод контроля качества сварных соединений;

проводить контроль качества в соответствии с технологическими требованиями;

оформлять результаты контроля и делать выводы о качестве сварных конструкций.

В учебной программе приведены критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся, разработанные в соответствии с Правилами проведения аттестации учащихся, курсантов при освоении содержания образовательных программ среднего специального образования; перечень оснащения учебной лаборатории оборудованием, техническими и демонстрационными средствами обучения, необходимыми для обеспечения образовательного процесса, список актуальных источников информации.

Общие методические рекомендации по выполнению домашней контрольной работы

Основная форма учебной работы учащегося-заочника – самостоятельное изучение учебного предмета по рекомендуемым учебникам, учебным пособиям и техническим нормативным правовым актам с учетом данных методических рекомендаций. При изучении учебного предмета учащемуся кроме приведенного перечня рекомендуемой литературы следует пользоваться дополнительными источниками, а также средствами сети Интернет и периодической технической литературой, в которых освещаются последние достижения в области контроля качества сварных конструкций.

Изучение учебного предмета для учащихся заочной формы обучения рассчитано на один семестр. В соответствии с учебным планом учащийся должен прослушать курс лекций, выполнить практические работы и домашнюю контрольную работу. Форма окончательного контроля знаний по учебному предмету – обязательная контрольная работа.

Целью домашней контрольной работы является закрепление знаний, полученных при изучении курса. При написании работы необходимо проявить навыки самостоятельной работы, показать умение пользоваться литературными источниками, НПА и ТНПА, фактическим материалом.

Начинать работу надо с тщательного изучения методических рекомендаций по изучаемому учебному предмету. Далее надо подобрать необходимую литературу.

Обязательно ознакомиться с требованиями СТУ 01-32-2019 по оформлению текстовых документов и требованиями настоящих методических рекомендаций по оформлению домашней контрольной работы.

В процессе написания работы можно привлечь дополнительную литературу, более углубленно рассматривающую различные аспекты темы и вышедшую после опубликования методических рекомендаций. В случае затруднения в выборе литературы или написании ответов на задания можно обратиться за консультацией к преподавателю.

Работа выполняется по индивидуальному варианту, соответствующему шифру учащегося.

Номера вопросов для каждого варианта определяются по таблице вариантов по двум последним цифрам шифра следующим образом. По горизонтали находят последнюю цифру своего шифра, а по вертикали – предпоследнюю. На пересечении определяют клеточку с номерами вопросов, на которые необходимо ответить.

Домашняя контрольная работа содержит 100 вариантов. Каждый вариант заданий содержит два теоретических вопроса, охватывающих все разделы курса, и одну задачу.

Для облегчения поиска необходимой литературы и рекомендаций по выполнению вопросы разбиты по разделам, согласно программы курса:

Учащийся допускается к написанию обязательной контрольной работы по учебному предмету «Контроль качества сварных конструкций» только после выполнения домашней контрольной работы с отметкой «зачтено».

Выполненную домашнюю контрольную работу необходимо своевременно (согласно учебному графику) предоставить на заочное отделение.

Зачтенная домашняя контрольная работа предъявляется при написании обязательной контрольной работы.

Учащиеся, получившие домашнюю контрольную работу после проверки, должны внимательно ознакомиться с рецензией и с учетом замечаний и рекомендаций доработать отдельные вопросы или устранить замечания.

Незачтенная домашняя контрольная работа дорабатывается и после чего сдается (высылается) в колледж на повторное рецензирование.

При выполнении домашней контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) контрольную работу оформлять в ученической тетради строго в соответствии с вариантом учащегося. Страницы должны быть пронумерованы;
- 2) работа должна быть написана четко, разборчиво, с полями для замечаний;
- 3) на обложке контрольной работы указывать:
наименование учебного предмета;
фамилию, имя, отчество учащегося;
номер учебной группы;
шифр;
- 4) вопросы домашней контрольной работы (условие задачи) должны быть переписаны полностью, по порядку. На каждый вопрос тут же дается ответ (к задаче приводится решение);
- 5) ответ должен быть кратким, но достаточно полным, материал излагать своими словами, логически последовательно и не повторять текст учебника;
- 6) недопустимо дословное переписывание литературных источников, особенно устаревших. Как правило, не следует использовать периодическую печать, учебники, брошюры и статьи более чем десятилетней давности издания;
- 7) каждый ответ на вопрос начинать с новой страницы;
- 10) фактические данные, примеры, графических материалов необходимо приводить по ходу изложения вопросов и лишь в отдельных случаях давать в виде приложения в конце работы, сделав при этом ссылку по тексту на приложение;
- 11) чертежи, схемы, графики, эскизы следует выполнять карандашом в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (далее – ЕСКД);
- 12) сканирование рисунков запрещается (за исключением сложных для графического отображения вручную);
- 13) если есть необходимость привести цитаты из литературы, цифровые данные, примеры, то в обязательном порядке на них должны быть ссылки по тексту, а первоисточник приводится в списке используемой литературы;

15) в конце домашней контрольной работы указывать литературу, с использованием которой выполнена домашняя контрольная работа, дата написания работы, подпись учащегося;

16) в конце тетради требуется оставлять не менее двух свободных страниц для рецензии.

Критерии оценки домашней контрольной работы

Отметка «зачтено» выставляется при выполнении следующих условий:

работа аккуратно оформлена;

работа выполнена в полном объеме, в соответствии с заданием;

работа в целом выполнена в соответствии с требованиями

СТУ

01-32-2019, а графический материал в соответствии с требованиями ЕСКД;

ответы на все теоретические вопросы даны полно, последовательно, в требуемых случаях иллюстрированы схемами, графиками, диаграммами и др., правильно употребляются научно-техническая терминология, НПА и ТНПА;

задачи решены и оформлены верно;

приведен список используемых источников.

Работа может быть зачтена, если она содержит единичные несущественные ошибки:

описки, не искажающие сути ответа на теоретические вопросы (решения задач);

неточности, допущенные при ответе на теоретические вопросы;

отсутствие выводов в процессе освещения вопросов (решения задач);

отсутствие списка используемых источников или несоответствие его оформления СТУ 01-32-2019;

отсутствие даты написания домашней контрольной работы и подписи учащегося.

Отметка «не зачтено» выставляется при выполнении одного или нескольких условий:

работа выполнена небрежно, неразборчивым почерком;

текстовая часть работы выполнена с нарушениями требований СТУ 01-32-2019, а схемы выполнены не в полном объеме или с нарушениями требований ЕСКД;

работа выполнена не по своему варианту;

отдельные вопросы в работе освещены не в соответствии с вариантом задания;

работа выполнена не в полном объеме.

Работа может быть не зачтена, если она содержит следующие существенные ошибки:

не раскрыто основное содержание двух и более заданий или есть грубые ошибки в решении задачи;

ответы на теоретические вопросы полностью переписаны из учебной литературы, НПА и ТНПА без адаптации к контрольному заданию;

ответы на два и более задания списаны у коллег.

Программа учебного предмета и методические рекомендации по ее изучению

Введение

Цель и задачи учебного предмета «Контроль качества сварных конструкций». Связь его с другими учебными предметами

Развитие сварочного производства. Роль контроля в повышении качества и надежности выпускаемой продукции. Развитие неразрушающих методов контроля, автоматизации контроля и применение ЭВМ. Службы контроля сварных конструкций в Республике Беларусь

Классификация видов технического контроля

Литература: [5, с.4-5]; [9, с. 5-9]

Методические рекомендации

Изучение следует начать с уяснения того, какое значение имеет качество продукции на современном этапе, какова его роль в деле ускорения научно-технического прогресса и совершенствования экономики. Здесь же следует обратить внимание на то, что в настоящий период задача заключается не только в определении показателей качества и разделении продукции на годную и непригодную, а в управлении качеством за счет систематического контроля и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество изделий.

Затем необходимо ознакомиться с терминологией по качеству, воспользовавшись ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». Получить понятие о таких терминах, как «качество продукции», «дефект», «допустимый дефект», «недопустимый дефект», «критический дефект», «исправимый дефект», «неисправимый дефект», «брак» и др.

После этого можно перейти к ознакомлению с классификацией видов контроля качества сварных соединений, при этом следует иметь в виду, что главным классификационным признаком является характер взаимодействия или воздействия на контролируемый объект. По этому признаку методы испытаний подразделяются на два класса: разрушающего и неразрушающего контроля. Необходимо изучить классификационную таблицу, кратко пояснить применяемость каждого метода и его характеристику, отметив такие показатели как «чувствительность», «достоверность», «воспроизводимость результатов контроля» и др. Кроме учебников можно воспользоваться ГОСТ 3242-79 «Сварные соединения. Контроль качества». ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов». Закончить изучение темы можно ознакомлением с перспективами развития методов, автоматизацией и применением ЭВМ для контроля качества.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте термин «качество продукции».
- 2 Назовите и охарактеризуйте условия и факторы, влияющие на качество продукции.
- 3 Охарактеризуйте термины: «допустимый дефект», «исправимый дефект», «неисправимый дефект».
- 4 Опишите два класса методов контроля качества сварных соединений.

Раздел 1 Качество сварки и дефекты сварных соединений

Тема 1.1 Общие сведения о качестве сварки и дефектах сварных соединений

Понятие о качестве продукции. Конструктивно-эксплуатационные и технологические факторы качества

Значение контроля исходных материалов перед сваркой. Документация на материалы. Контроль качества основного металла при наличии и отсутствии необходимой документации

Контроль качества сварочных материалов: электродов, сварочной и наплавочной проволоки, флюсов, защитных газов и материалов для дефектоскопии

Влияние качества заготовок и сборки под сварку на качество сварных конструкций. Требования нормативно-технической документации и стандартов к подготовке кромок и сборке сварных металлических конструкций и трубопроводов. Дефекты подготовки и сборки. Контроль качества подготовки кромок и сборки. Инструменты и приборы для контроля заготовок и сборки

Значение проверки технического состояния сварочного оборудования и инструмента для обеспечения высокого качества сварных швов. Периодичность контроля

Контроль технологической последовательности сварки и параметров режима

Требования к обеспечению дефектоскопичности изделий

Факторы влияющие на работоспособность конструкций. Нормы допустимости дефектов

Общие требования к сварочному оборудованию и средствам контроля

Требования к персоналу по контролю качества сварных соединений

Правила аттестации сварщиков. Значение проверки квалификации сварщиков

Понятие дефекта. Классификация дефектов сварки. Дефекты форм и размеров сварных швов. Наружные дефекты сварных швов. Внутренние дефекты сварных швов

Литература: [1], с.26-30, 12-22; [3], с.6-16; [4], с.6-23; [5], с.6-26; [6], с.18-19, 33-58; [7], с.4-25; [9], с.82-98, 99-125

Методические рекомендации

Изучение темы рекомендуется начать с уяснения того, что на качество сварного соединения оказывает влияние комплекс различных факторов. Их можно сгруппировать как конструктивные, эксплуатационные, технологические, здесь же следует вспомнить сущность активного и пассивного контроля и управления качеством.

Затем можно перейти к рассмотрению этапов контроля. (до сварки, в процессе сварки, после сварки), установив логические связи между этапами, обеспечивающие активное воздействие на качество готового сварного изделия или сварной конструкции. При этом следует учесть, что основные требования к качеству сварки оговариваются в нормативно-технической документации (ГОСТ, ТУ, СНиП, технологических инструкциях, технических требованиях и т.п.). Необходимо составить классификационную таблицу этапов контроля: до сварки (предварительный), в процессе сварки (текущий), после сварки (окончательный).

После этого необходимо перейти к изучению контроля качества исходных материалов. Ознакомьтесь с документацией, сопровождающей материалы, заострив внимание на различии в контроле при наличии и отсутствии сертификатов, сопровождающих исходные материалы (основной и сварочные).

После этого рекомендуется ознакомиться с особенностями контроля качества основного металла, электродов, сварочной и наплавочной проволоки, флюсов, защитных газов и материалов для дефектоскопии.

Изучая контроль качества заготовок и сборки под сварку, следует пользоваться ГОСТами на типы и конструктивные элементы сварных соединений, выполняемых различными видами сварки (ГОСТ 5264-80, ГОСТ 14771-76, ГОСТ 8713-79, ГОСТ16037-80 и др.). Здесь необходимо обратить внимание на характерные дефекты заготовок, получаемых различными видами обработки, и их влияние на качество сварки, а также на зависимость качества сварки от качества сборки.

При изучении материала о проверке технического состояния оборудования, оснастки и инструмента следует иметь в виду, что он частично изучался в курсах «Оборудование для электрической сварки плавлением», «Технология и оборудование контактной сварки», но при этом необходимо увязать наиболее часто встречающиеся неисправности оборудования с конкретными сварочными дефектами.

Изучая материал о контроле технологии сварки, следует учитывать виды технологической документации, действующей на производстве. Здесь можно выделить контроль технологической документации в процессе изготовления сварных изделий. Здесь также уместно будет увязать отдельные отклонения и нарушения технической документации с конкретными сварочными дефектами.

Этап изучения предварительного контроля (до сварки) завершается ознакомлением с правилами проверки квалификации сварщиков, что учащимся-заочникам, как специалистам, должно быть хорошо известно. Здесь можно воспользоваться ЕТКС, правилами аттестации сварщиков, отметив особо

необходимость испытаний дипломированных сварщиков, работающих на изготовлении ответственных конструкций, подведомственных ПРОМАТОМНАДЗОРу Республики Беларусь.

Изучение сварочных дефектов следует начать с их классификации, которую можно представить в виде таблицы. Затем следует ознакомиться с условными обозначениями различных дефектов по ГОСТ23055-78 «Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля» и их схематичным изображением [2, с.9-10].

После этого можно ознакомиться с влиянием дефектов на работоспособность сварной конструкции, увязав конструктивно-технологические и эксплуатационные факторы, оказывающие влияние на опасность тех или иных дефектов (объемные, трещиноподобные) для конкретной конструкции.

Особое внимание следует уделить конкретным дефектам, возникающим при различных видах сварки, причинам, их вызывающим, и способами устранения. Дефекты можно сгруппировать по расположению и способам выявления, например, наружные, или поверхностные, дефекты формы и размеров, дефекты-несплошности, выявляемые физическими методами контроля, и дефекты микроструктуры. По этому материалу рекомендуется составить таблицу со следующими графами: наименование дефекта, схематическое изображение дефекта, причины возникновения дефекта. Последнюю графу можно разделить: вид сварки (ручная, электродуговая в защитном газе, под флюсом, контактная и т.д.); вероятный источник возникновения дефекта (неисправность оборудования, некачественная заготовка или сборка под сварку нарушение параметров режима сварки или ТП). Можно ввести графу «Возможные способы устранения дефектов».

О причинах возникновения сварочных деформаций и напряжений вам известно из ранее изученных предметов спеццикла, поэтому этот материал следует просто повторить.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните, что называется браком сварных соединений?
- 2 Опишите методы контроля, которым подвергается основной металл.
- 3 Объясните, как осуществляется контроль заготовок?
- 4 Объясните, как осуществляется контроль сборки под сварку изделий?
- 5 Охарактеризуйте дефекты, которые возникают при сварке.

Раздел 2 Неразрушающие методы контроля

Тема 2.1 Визуально-оптический и статистический контроль

Визуально-оптический контроль как метод контроля качества заготовок под сварку, сварных швов и соединений. Подготовка сварных соединений к внешнему

осмотру и измерению. Дефекты, выявляемые внешним осмотром. Измерение основных размеров сварных швов

Шаблоны, измерительный инструмент, оптические приборы, применяемые при внешнем осмотре (визуально-оптическом контроле)

Проведение контроля внешним осмотром. Оценка и оформление результатов контроля

Контроль труднодоступных мест

Понятие о статистическом анализе и регулировании качества

Обратные связи в системе активного контроля качества сварки и производстве. Показатели качества. Формы учета и анализа качества сварных соединений. Документация по контролю качества сварки

Литература: [1], с.214-224; [3], с.124-129; [4], с.14-18; [5], с.50-67; [6], с.59-61

Методические рекомендации

При изучении данной темы вначале следует повторить понятия активного или пассивного контроля и управления качеством. Затем можно рассмотреть функциональную схему контроля и управления качеством. Затем можно рассмотреть функциональную схему контроля и управления качеством, представленную в [2, с. 125]. После этого желательно определить задачи, решаемые в системе управления качеством, заострив внимание на комплексном характере системы. Так как в основе статистического анализа и регулирования качества лежат методы теории вероятности и математической статистики, не повредит освежить в памяти этот материал. Далее следует иметь в виду, что статистические данные (частота появления дефектов того или другого вида, среднее число дефектов на единицу длины шва и т.д.) собираются непосредственно на производственных участках, после чего производится их математическая обработка. Как правило, эти распределения случайных величин подчиняются экспоненциальному закону распределения. В результате такого анализа устанавливаются объемы контроля (объем выборки), достоверность контроля, производится оценка допустимости дефектов. Затем желательно отметить, что прогнозирование качества сварных соединений начинается еще на этапе проектирования сварных конструкций по задаваемым статистическим параметрам уровней дефектности, получаемых опытным путем. Здесь следует подчеркнуть, что наиболее точная и объективная оценка может быть получена при использовании комплекса основных показателей качества. Они не являются стабильными величинами и зависят от воздействия внешних факторов при изготовлении и эксплуатации изделий. Можно отметить такие показатели как структура материала, его химический состав, механические свойства, коррозионные свойства, типовые, электрические, оптические, химические, магнитные свойства, а также комплексные эффекты (магнитострикция, эффект Холла и т.д.), так как любое отклонение этих свойств от требований НТД является дефектом.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте показатели качества изделий.
- 2 Опишите формы учета и анализа качества сварных соединений.
- 3 Назовите известную вам документацию по контролю качества.
- 4 Расскажите, как прогнозируется качество сварных изделий?

Тема 2.2 Радиационные методы контроля

Сущность радиационных методов контроля и их классификация. Область их применения.

Природа и свойства рентгеновских лучей и гамма-лучей. Единицы измерения ионизирующих излучений.

Конструкция, типы рентгеновских трубок, их маркировка. Рентгеновские аппараты, их конструкция, марки.

Гамма-аппараты, их типы и конструкция

Назначение и характеристика радиографических пленок, усиливающих экранов, металлических экранов, эталонов чувствительности и других принадлежностей для радиографического контроля. Схемы зарядки кассет. Сущность процесса фиксирования дефектов на радиографической пленке. Выявляемые дефекты и их изображение на снимке. Чувствительность снимка. Схемы просвечивания по стандартам. Оценка качества при радиографировании сварных швов

Электрорадиография, ее сущность. Аппаратура, применяемая при электрорадиографии. Радиоскопический контроль. Сущность метода, его достоинства и недостатки. Радиоскопические детекторы. Радиоскопические установки с электронно-оптическими преобразователями. Рентгено-телевизионные установки, их типы и схемы

Радиометрический контроль, его сущность, схема, достоинства и недостатки. Методика проведения контроля

Воздействие ионизирующих излучений на организм человека. Санитарные нормы облучения. Индивидуальные дозиметры. Охрана труда при радиационном контроле

Литература: [1], с.91-143; [3], с.29-62; [4], с.118-182; [5], с.68-89; [6], с.80-96; [7], с.50-82; [9], с.273-360

Методические рекомендации

Изучение радиационных методов контроля рекомендуется начать с уяснения их преимуществ, позволяющих применять эти методы как обязательные при контроле ответственных изделий. Составив классификационную таблицу радиационных методов, следует перейти к изучению физических основ радиационного контроля.

Вспомнив природу и сущность рентгеновских и гамма излучений, необходимо зарисовать схему рентгеновской трубки, схему и условия возникновения тормозного излучения при переходе электронов на близкие к ядру электронные оболочки. Здесь надо иметь в виду, что для целей контроля качества применяются не естественные радиоактивные вещества, например, уран, а искусственно полученные изотопы. Затем следует выписать единицы измерения ионизирующих излучений (энергия излучения, активность радиоактивного изотопа, интенсивность ионизирующего излучения, мощность поглощенной дозы, эквивалентная доза излучения и т.д.) и изотопы, применяемые для контроля качества сварных соединений, с указанием их основных параметров. Также можно составить таблицу основных параметров рентгеновских и гамма излучений (длина волны, частота). Завершить изучение этой темы необходимо четким перечислением свойств рентгеновского и гамма излучения, позволяющих использовать их для контроля качества сварных конструкций.

Изучение рентгеновских аппаратов следует начинать с принципиальной блок-схемы рентгеновской установки, назначения каждого блока, остановиться на конструкции рентгеновской трубки. Затем необходимо рассмотреть блок-схемы рентгеновских аппаратов трех типов (моноблоки, кабельные, импульсные), указав рациональные области применения аппаратов каждого типа. Затем необходимо перейти к изучению конкретных аппаратов, применяемых в сварочном производстве, после чего обзорно ознакомиться с устройствами для контроля больших толщин (линейными ускорителями, бетатронами, микротронами).

Изучение гамма-аппаратов желательно начать с составления принципиальной блок-схемы и уяснения назначения и конструктивных особенностей каждого блока. Затем можно составить классификационную таблицу гамма-дефектоскопов, взяв за основу такие признаки: условия использования, степень коллимации рабочего пучка, конструктивное исполнение. Завершить изучение темы можно рассмотрением кинематических или конструктивных схем и технических характеристик гамма-дефектоскопов (ГУП-Со-5; Стапель 5М, Гаммарид-11; Гаммарид-21 и др.).

Перейдя к изучению вспомогательного оборудования и материалов для радиационного контроля, в первую очередь следует рассмотреть строение рентгеновской пленки и процессы, протекающие в чувствительном слое при облучении рентгеновскими или гамма излучениями, после чего обзорно ознакомиться с типами экранных и безэкранных рентгеновских пленок и их характеристиками. После этого следует изучить металлические усиливающие экраны, защищающие пленки от рассеянного излучения, и на флуоресцирующие экраны, позволяющие сокращать время экспозиции от 10 до 50 раз, обратив внимание на их взаимное расположение при контроле. Затем следует изучить устройство кассет, компенсационные фильтры, диафрагмы и эталоны чувствительности. Следует учесть, что институтом им. Е.О. Патона разработана специальная фотобумага, значительно снижающая стоимость контроля.

Теперь можно приступать к изучению методов радиационной дефектоскопии.

Изучая радиографический метод, следует зарисовать его схему и описать сущность выявления изображения на рентгеновской пленке различных по характеру дефектов. Затем следует остановиться на технологии контроля: выбор источника излучения, выбор пленок и экранов, выбор схем и режимов просвечивания, подготовка изделия к просвечиванию, выполнение просвечивания, обработка снимков, расшифровка, оформление результатов контроля. При этом необходимо руководствоваться ГОСТ 7512-82 и ГОСТ 23055-78. Закончить изучение следует выводами о преимуществах, недостатках и рациональных областях применения радиографии.

Электрорадиографический метод контроля. Следует отметить, что в этом методе, в отличие от радиографии, детектором является полупроводниковый слой, нанесенный на проводящую подложку. Необходимо перечислить свойства рентгеновских и гамма излучений, позволяющие в данном случае получить изображение сварного шва с дефектами. Далее необходимо рассмотреть схему последовательности процесса получения электрооентнограммы (от зарядки пластины до ее очистки), характеризуя каждый переход технологического процесса контроля. После этого необходимо рассмотреть конструктивные особенности и характеристики электрорадиографических аппаратов, например, ЭРГА-П2; АРЕКС-2; ЭРЕНГ-2М. Закончить изучение темы можно анализом преимуществ и недостатков метода и сравнением его чувствительности с чувствительностью радиографии и указанием рациональных областей его применения.

Изучение радиоскопического метода необходимо начать с уяснения его сущности: просвечивание изделий проникающими излучениями с преобразованием на детекторе скрытого радиационного изображения в светотеневое или электронное при последующем усилении и передаче этих изображений на выходной экран. Необходимо зарисовать блок-схемы радиоскопических установок и ознакомиться с устройством и принципом действия рентгеновского электронно-оптического преобразователя, электронно-оптического усилителя и рентген-видикона. После этого необходимо изучить технологию контроля и отечественные установки для контроля (интроскоп РИ-60ТК, рентгенвидикон ЛИ-423 ит.п.). Завершить изучение этой темы можно сравнительным анализом преимуществ и недостатков метода, сравнением его чувствительности с чувствительностью радиографии, определением рациональных областей применения.

Изучать радиометрический метод можно в той же последовательности: сущность метода заключается в преобразовании скрытого радиационного изображения сварного шва с дефектами в пропорциональный электрический сигнал (напряжение, ток); изобразить блок-схему радиометрии; ознакомиться с радиометрическими детекторами (сцинтиляционными счетчиками, ионизационными камерами, газоразрядными счетчиками). Следует отметить преимущества данной методики контроля, ее недостатки, чувствительность и область применения.

Обзорно необходимо ознакомиться с принципами рентгеновской вычислительной томографии (получение подслоного рентгеновского изображения).

Тема «Техника безопасности и охрана труда при радиационном контроле» особенно важна, так как при всех методах радиационного контроля создаются особо вредные условия труда. Здесь следует обязательно знать документы, которыми необходимо пользоваться: «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП-72/80 и 950-72; «Правила радиационной безопасности» НРБ-2000; «Санитарные правила при радиационной дефектоскопии № 1171-74» и т.д. Необходимо знать сущность воздействия проникающих ионизирующих излучений на организм человека и меры, принимаемые для защиты от них, а также установленную допустимую дозу и предел дозы, индивидуальные средства защиты и регистрации излучений.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Опишите процесс получения рентгеновского излучения и гамма-излучения.
- 2 Охарактеризуйте выявление дефектов при просвечивании ионизирующим излучением.
- 3 Охарактеризуйте несколько типов рентгеновских аппаратов.
- 4 Опишите преимущества и недостатки ксерографии и флюорографии.
- 5 Изобразите основные схемы радиоскопического контроля.

Тема 2.3 Ультразвуковые методы контроля

Физические основы ультразвуковой дефектоскопии. Природа ультразвуковых колебаний, их получение. Типы и скорость ультразвуковых волн. Распространение ультразвука. Свойства ультразвуковых колебаний

Методы ультразвукового контроля: эхо-метод, теневой, зеркально-теневой, эхо-зеркальный, эхо-теневой. Характеристика и области их применения. Ультразвуковые дефектоскопы, их типы. Функциональная блок-схема дефектоскопа

Пьезопреобразователи, их типы, конструкция. Стандартные образцы, испытательные (тест-образцы) и вспомогательные приспособления

Основные параметры ультразвукового контроля: частота колебаний, угол ввода луча, мертвая зона, разрешающая способность, точность измерения глубиномера

Чувствительность контроля: предельная, условная, реальная и др. Эталонирование чувствительности

Измерение дефектов. Основные измеряемые характеристики: наибольшая амплитуда сигнала, координаты (глубина, расстояние) дефекта, условные размеры (длина, высота, ширина) дефекта, число дефектов, параметры формы дефектов

Технология и схемы контроля стыковых, угловых и нахлесточных соединений. Дефекты этих соединений. Оценка качества соединений согласно нормативно-технической документации. Оформление результатов контроля. Требования безопасности труда при ультразвуковом контроле

Литература: [1], с.61-91; [3], с.62-99; [4], с.24-115; [5], с.89-111; [6], с.96-117; [7], с.42-50; [9], с.373-461

Методические рекомендации

Изучение методов ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений рекомендуется начинать с изучения физических основ ультразвуковых методов. Вначале следует уяснить природу (упругие механические колебания материальной среды с частотой выше 20кГц), получение и свойства ультразвуковых колебаний, используемых в дефектоскопии. Здесь особо следует отметить, что свойства ультразвука во многом определяются характером и упругими свойствами среды, в которой он распространяется, и выделить такие свойства, как направленность, ближняя и дальняя зоны, отражение от несплошностей, затухание.

Перейдя к изучению методов ультразвукового контроля, следует вначале составить их классификацию (термины и определения акустических методов регламентированы ГОСТ 23929-85; ГОСТ 14782-86). В тетради желательно зарисовать схемы ЭХО-метода, теневого, зеркально-теневого и других и указать рациональные области применения каждого из них.

Изучение подтемы «Ультразвуковые дефектоскопы» следует начать с их назначения и конструкции. Для этого нужно ознакомиться с общим видом и функциональной блок-схемой любого дефектоскопа, имеющегося в вашем учебнике, и записать в тетрадь назначение каждого блока. Затем следует остановиться на конструкции ультразвуковых пьезопреобразователей, зарисовав схемы прямого, наклонного и раздельно-совмещенных преобразователей и указать способы ввода ультразвука в изделие. После этого можно познакомиться со стандартными образцами и вспомогательными приспособлениями.

В заключение подтемы можно ознакомиться с техническими характеристиками двух-трех ультразвуковых дефектоскопов, выпускаемых в настоящее время (УД 3-71, А1214, ЕРОСН 1000 и т.д.).

Прежде чем переходить к изучению технологии ультразвукового контроля, следует ознакомиться с параметрами контроля (длина волны, частота колебаний, угол ввода, мертвая зона, чувствительность реальная, условная и предельная и т.д.), эталонированием чувствительности.

При изучении технологии контроля рекомендуется выделить такие его этапы: подготовка к контролю, поиск дефектов, измерение дефектов, оценка качества сварного соединения, после чего подробно рассмотреть технологию каждого этапа. Изучая измерение дефектов, надо уяснить, как определяются координаты и условные размеры дефектов и классифицируется дефективность.

После этого следует ознакомиться с контролем стыковых соединений больших и малых толщин, угловых, тавровых нахлесточных соединений из

различных материалов. Для закрепления материала можно решить несколько задач по определению параметров контроля.

В заключение темы можно записать преимущества ультразвукового контроля, одним из которых является легкая автоматизация процесса, и ознакомление с правилами техники безопасности.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте особенности распространения ультразвуковых волн в твердых телах.
- 2 Опишите основные элементы конструкции ультразвукового дефектоскопа.
- 3 Опишите схему перемещения искателя во время ультразвукового контроля.
- 4 Какие существуют схемы прозвучивания сварных соединений?

Тема 2.4 Магнитные и электромагнитные методы контроля

Физические основы и классификация магнитных и электромагнитных методов контроля

Их классификация и область применения. Магнитопорошковая дефектоскопия, ее сущность

Схемы намагничивания и размагничивания. Магнитные порошки и суспензии, их характеристики. Аппаратура для магнитопорошковой дефектоскопии.

Последовательность контроля. Чувствительность метода.

Магнитографический метод контроля, сущность, область применения. Чувствительность метода. Применяемая аппаратура, ее типы, технические данные. Методика проведения контроля

Феррозондовый и вихретоковый методы, их сущность, области применения. Аппаратура применяемая при этих методах контроля

Техника безопасности труда при проведении контроля магнитным и электромагнитным методом

Литература: [1], с.49-61; [3], с.99-109; [4], с.212-247; [5], с.111-130; [6], с.125-133; [7], с.82-91; [9], с.227-265

Методические рекомендации

При изучении темы желательно вспомнить характеристики магнитного поля, магнитные свойства материалов, особенности поведения ферромагнитных

материалов в переменных магнитных полях, после чего перейти к явлению искажения магнитных полей дефектами-несплошностями и структуре полей рассеяния над сварным соединением. Далее следует классифицировать методы магнитного контроля, составив классификационную таблицу и кратко охарактеризовав каждый метод.

Затем желательно ознакомиться со способами, схемами и средствами намагничивания и размагничивания, отметив, для выявления каких характерных дефектов рекомендуется каждый метод.

При изучении магнитопорошкового метода рекомендуется остановиться на его сущности, составе магнитных порошков и суспензий, последовательности контроля, чувствительности, а в завершение ознакомиться с современными магнитопорошковыми дефектоскопами, в которых многие операции, кроме осмотра, автоматизированы, а результаты контроля представляются в виде фотографий или дефектограмм-реплик. Изучая магнитографию, рекомендуется соблюдать аналогичную последовательность: сущность метода, принципиальная схема метода, чувствительность и область применения, последовательность выполнения контрольных операций, магнитографические дефектоскопы (МДУ-2У; МД-40Г и др.).

Перейдя к изучению индукционных и феррозондовых методов, при которых в качестве входного преобразователя используются индукционные и феррозондовые датчики, следует иметь в виду, что они находят все большее применение, так как отличаются простотой конструкции дефектоскопов, повышенной надежностью и удобством. Последовательность изучения материала аналогична предыдущим методам.

Заканчивая изучение темы, следует остановиться на сущности вихретокового контроля, схемах формирования поля вихревых токов при отсутствии и наличии дефектов, технологии выполнения и применяемости метода; при этом очень важно запомнить, что вихретоковым методом можно контролировать любые металлы, после чего ознакомиться с выпускаемыми в настоящее время вихретоковыми дефектоскопами (ВД 3-71 и т.д.).

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте выявление дефектов при магнитных методах контроля.
- 2 Скажите, какие бывают схемы намагничивания при магнитных методах контроля?
- 3 Скажите, какие дефекты выявляются при магнитных методах контроля?
- 4 Объясните, на чем основан феррозондовый метод контроля.
- 5 Охарактеризуйте сущность вихретоковых методов контроля.

Тема 2.5 Капиллярные методы контроля

Физические основы капиллярной дефектоскопии. Классификация капиллярных методов

Люминесцентный метод, область его применения. Аппаратура и материалы для люминесцентного метода. Методика контроля. Дефекты, выявляемые с помощью этого метода, его чувствительность

Люминесцентно-цветной метод

Техника безопасности труда при проведении капиллярного контроля

Литература: [1], с.41-49; [3], с.109-111; [4], с.184-211; [5], с.130-147; [6], с.118-125; [7], с.91-93; [9], с.209-216

Методические рекомендации

Изучение капиллярных методов следует начать с уяснения физических основ явления капиллярного проникновения сорбции пенетранта (индикатора), регистрации индикаторных следов. После этого можно составить классификационную таблицу методов капиллярного контроля, в зависимости от способа получения первичной информации, выделив люминесцентный метод, цветной метод (метод красок), люминесцентно-цветной, яркостный и комбинированный методы.

Затем рекомендуется ознакомиться с технологией выполнения каждого метода, воспользовавшись схемами, позволяющими наглядно воспроизвести каждую операцию (очистка поверхности, нанесение пенетранта, удаление пенетранта с поверхности и т.д.).

Изучая материалы для дефектоскопии (пенетранты, проявители и т.д.), следует не только запомнить их наименование и состав, но и их свойства, а также размеры выявляемых с их помощью дефектов. Этот материал рекомендуется занести в тетрадь в виде таблицы. Здесь же можно ознакомиться с устройством аэрозольного баллона.

После этого можно перейти к изучению аппаратуры для капиллярного контроля, которую можно подразделить на источники ультрафиолетового излучения, портативные дефектоскопические комплекты, стационарные лабораторные и цеховые установки и т.д. (например, КЛ-20Л; КД-31Л; КД-40ЛЦ и др.).

Особо можно остановиться на оценке качества капиллярного контроля, которое характеризуется порогом, классом и дифференциальной чувствительностью (можно воспользоваться ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования»).

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте выявление дефектов при капиллярных методах.
- 2 Опишите классификацию капиллярных методов.
- 3 Охарактеризуйте этапы проведения капиллярного контроля.
- 4 Назовите дефекты, которые можно выявить капиллярными методами.

Тема 2.6 Контроль непроницаемости сварных соединений

Понятие герметичности. Причины нарушения герметичности сварных соединений. Требования к герметичности различных конструкций. Классификация методов контроля герметичности

Испытания непроницаемости сварных соединений керосином

Разновидность этого метода контроля, методика их проведения, чувствительность

Пузырьковые методы: пневмогидравлический, пневматический и вакуумный. Методика их проведения. Применяемое оборудование.

Чувствительность пузырьковых методов

Химический метод контроля герметичности. Гидравлические испытания, их назначение и методика проведения

Манометрический метод

Контроль герметичности галогенным методом, его сущность, чувствительность. Галогенные течеискатели, их типы, технические данные, конструкция

Контроль герметичности масс-спектрометрическими течеискателями. Сущность, чувствительность метода. Применяемая аппаратура, ее типы, технические данные, конструкция. Технологические приемы масс-спектрометрического метода

Техника безопасности труда при проведении контроля герметичности

Литература: [1], с.31-40; [3], с.111-122; [4], с.248-289; [6], с.69-70; [7], с.29-42; [9], с.217-224

Методические рекомендации

Изучение следует начинать с определения понятий непроницаемость (герметичность), натекание, утечка, после чего уяснить, какие конкретные сварные конструкции должны подвергаться контролю непроницаемости в обязательном порядке. Следует иметь в виду, что негерметичность сварного соединения вызывается наличием в нем сквозных дефектов, поиск и определение места и величины которых является основной задачей данных методов контроля.

Выбор конкретного метода течеискания согласно ГОСТ18353-79 зависит от класса герметичности, устанавливаемого проектными нормативами в данной отрасли, и характеризуется величиной допустимых течей.

Рекомендуется составить классификационную таблицу методов контроля герметичности, руководствуясь ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» и ГОСТ 3242-79 «Соединения сварные. Методы контроля качества».

После этого можно переходить к изучению конкретных видов и методов контроля герметичности.

Масс-спектрометрический метод. Этот метод рекомендуется применять для контроля ответственных конструкций. Здесь необходимо уяснить почему именно гелий применяется в качестве пробного газа. Затем можно отметить параметры масс-спектрометрического контроля (чувствительность, разрешающая способность и т.д.) и перейти к изучению конструкции масс-спектрометрического контроля (чувствительность, разрешающая способность и т.д.) и перейти к изучению конструкции масс-спектрометрического дефектоскопа, в заключение проанализировав конструкцию конкретного течеискателя, например ПТИ-10. После этого можно перейти к изучению основных методов масс-спектрометрического контроля: накоплением, вакуумированием, методом щупа. Желательно зарисовать в тетрадь схему каждого метода, описать технологию и отметить чувствительность.

Изучая галогенный (галоидный) метод, следует отметить его применяемость и чувствительность, а также уяснить физические основы метода. Необходимо записать пробные газы и принцип их обнаружения датчиками течеискателей. Изучая конструкцию течеискателей, следует выделить их преимущества: небольшие габариты, на примере любого течеискателя, например, ГТИ-6 или ВГТИ-7, затем следует зарисовать в тетради схему галогенного контроля и описать его методику. Изучение контроля течеискателем желательно завершить ознакомлением с высокопроизводительными и автоматизированными установками.

Затем следует перейти к наиболее доступным методам контроля герметичности-капиллярным (можно начать именно с этих методов).

При изучении метода керосиновой пробы необходимо прежде всего остановиться на физических основах метода, отметив свойства керосина, позволяющие использовать его в качестве пробного вещества. Рекомендуется отметить размер выявляемых дефектов и чувствительность метода. Перейдя к изучению технологии контроля, нельзя забывать о подготовке к контролю, методике проведения контроля и регистрации сквозных дефектов в виде керосиновых пятен на меловой поверхности. Следует отметить, что кроме стыковых соединений, керосином можно контролировать нахлесточные соединения. Зарисуйте схему контроля. После этого можно обзорно ознакомиться с люминесцентным (люмогидравлическим) методом контроля герметичности.

Пузырьковые методы также достаточно просты и доступны, поэтому находят довольно широкое применение. Их можно дифференцировать на пневматические (пенным индикатором), пневмогидравлические («аквариум» «бароаквариум») и вакуумные. Изучая методику пневматических испытаний, следует отметить последовательность их выполнения, индикацию дефектов и чувствительность. Обязательно следует отметить, при каком давлении сжатого воздуха проводятся испытания замкнутых и открытых изделий, а также правила техники безопасности при работе со сжатыми газами. Также надо иметь в виду, что зимой пенообразователи необходимо добавлять вещества, понижающие температуру замерзания.

Пневмогидравлические методы «аквариум» и «бароаквариум» можно изучать в следующей последовательности: схема испытаний, контрольный газ, испытательное давление, индикация дефектов, рациональная область применения.

Последний из пузырьковых методов - вакуумный имеет основное преимущество - возможность контроля при одностороннем доступе к шву (сварному соединению). Здесь можно рассмотреть конструкцию вакуумных камер и вакуумных установок, методику проведения контроля и индикацию дефектов.

Гидравлическими испытаниями выявляются как локальные течи, так и общая негерметичность в открытых, закрытых сосудах и трубопроводах, а также производится контроль прочности. Следует отметить, что эти испытания являются заключительными и проводятся после проведения интроскопии. Необходимо понять, что в качестве пробного и контрольного вещества используют рабочую жидкость, не влияющую на коррозионную стойкость контролируемого изделия. Затем следует определить физическую сущность гидроиспытаний - проникновение жидкости в полости сквозных дефектов и регистрацию их на противоположной стороне шва сварного соединения. После этого можно рассмотреть методы: наливом воды под напором, без напора, поливом струей воды, с применением люминесцентных индикаторных покрытий, падением давления.

Рассматривая манометрический метод контроля герметичности, следует отметить, что он позволяет определить как локальные утечки, так и суммарную (интегральную) негерметичность сварных трубопроводов и других изделий, работающих под давлением.

Этот метод основан на измерении давления жидкостей или газов с помощью манометров. Далее следует запомнить, что для определения интегральных утечек применяется способ падения давления, а для определения величины локальных утечек - способ дифференциального манометра. При изучении этого материала желательно ознакомиться со схемами контроля и технологией контроля, запомнить, что испытания проводятся после выполнения интроскопии, устранения выявленных недопустимых дефектов и опрессовки. Здесь надо иметь в виду, что давление и время опрессовки, давление и время выдержки под давлением при проведении манометрического контроля, а также допустимая величина падения давления оговаривается в технической документации.

Изучая химический метод контроля герметичности, следует сначала отметить, что этот метод основан на использовании химических реакций для индикации течей. Рассматривая технологию контроля, надо запомнить, что с наружной стороны шов покрывают индикаторным составом, а внутрь изделия подают жидкую или газообразную испытательную среду, в состав которой входит химически активное пробное вещество, которое проникнув через сквозной дефект, вступит в реакцию с компонентами индикаторного состава, что вызовет появление на нем цветных пятен. Далее можно записать примеры индикаторов для различных пробных веществ. Обзорно можно рассмотреть катарометрический метод (он основан на том, что электрическое сопротивление нагретой платиновой проволоки изменяется в присутствии пробного газа, прошедшего через сквозной

дефект, что регистрируется прибором как изменение напряжения стрелочной, звуковой и световой индикаций) и радиационный метод, а также акустический, инфракрасный, искровой и др. Для закрепления материала рекомендуется дать сравнительный анализ изученных методов.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Расскажите, на каком физическом явлении основаны методы капиллярной дефектоскопии?
- 2 Опишите основные технологические операции капиллярного контроля.
- 3 Охарактеризуйте сущность метода керосиновой пробы.
- 4 Охарактеризуйте конструкции, для которых применяют гидравлический метод течеискания.
- 5 Охарактеризуйте факторы, от которых зависит выбор методов контроля герметичности изделий?

Раздел 3 Разрушающие методы контроля

Тема 3.1 Механические испытания сварных соединений

Понятие свариваемости. Классификация свариваемости стали.

Классификация методов механического испытания сварных соединений и швов

Испытание на статическое растяжение сварного шва и сварного соединения. Формы и размеры образцов. Порядок проведения испытаний. Показатели испытаний

Испытание сварного соединения на статистический и ударный изгиб. Форма и размеры образцов. Порядок проведения испытаний, их показатели

Испытания на сплющивание и ударный разрыв. Форма и размеры образцов. Порядок испытаний, их показатели

Испытание сварных швов, сварных конструкций на усталость. Измерение твёрдости

Требования безопасности труда при проведении механических испытаний

Литература: [1], с.148-179; [3], с.23-26; [4], с.12-14, 18-23; [5], с.147-171; [6], с.61-69; [7], с.94-113

Методические рекомендации

Механические испытания регламентированы ГОСТ6996-66 и проводится для определения механических свойств сварного соединения и его участков. В начале изучения этой темы можно изучить понятие свариваемости, классификацию свариваемости стали. Можно классифицировать механические испытания, выделив статические, динамические (ударные) и циклические (усталостные), и кратко охарактеризовать каждый вид испытаний и его

назначения. Используя ГОСТ6996-66, следует ознакомиться с порядком проведения испытаний, обработкой результатов испытаний и испытательным оборудованием.

Затем следует изучить каждый вид испытаний. Изучая испытания металла шва и направленного металла на растяжение, нужно обратить внимание на то, что форма образцов при этих испытаниях различна (круглые - при испытаниях наплавленного металла; плоские - при испытаниях сварного соединения).

Изучая испытания на статический изгиб, следует отметить, что они проводятся для определения пластичности сварного соединения, при этом показателем пластичности служит угол загиба, при котором образуется первая трещина в любом месте образца. Далее можно ознакомиться с формой образцов и методикой контроля, а также испытаниями на хрупкость образцов с надрезом, в вершине которых вырастает усталостная трещина.

Испытания на ударный изгиб проводятся для определения ударной вязкости при данной температуре σ_H , при этом надо обратить внимание на форму образцов, методику испытаний и оборудование для каждого вида испытаний.

Далее можно ознакомиться с определением твердости сварного соединения по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу, отметив, что по числу твердости можно приблизительно оценить предел прочности при растяжении. Например, для

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{1a}} = 0,36.$$

углеродистых сталей

Испытания при переменных нагрузках выполняются как на образцах, так и на готовых изделиях и конструкциях. Пределом выносливости считают наибольшее напряжение, которое металл выдерживает без разрушения при заданном цикле нагружений (10^7 циклов для стали). Для испытаний применяются пульсаторы или вибраторы, позволяющие развить мощное переменное усилие.

В заключение темы нужно ознакомиться с правилами оформления результатов механических испытаний и документами, которые выдаются лабораторией после проверки, а также с основными требованиями безопасности труда при проведении механических испытаний.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте понятие «механические свойства металлов».
- 2 Охарактеризуйте назначение механических испытаний.
- 3 Классифицируйте механические испытания образцов по характеру нагружения?
- 4 Охарактеризуйте статические испытания.
- 6 Охарактеризуйте динамические испытания.
- 7 Охарактеризуйте усталостные испытания.

Тема 3.2 Металлографические исследования сварных соединений

Назначение и сущность металлографического исследования сварных соединений. Виды металлографического контроля.

Контроль вида излома, микроструктуры, макроструктуры соединений.

Дефекты, выявляемые при металлографическом контроле. Измерение твердости шва и околошовной зоны.

Литература: [1], с.148-179; [3], с.23-26; [4], с.12-14, 18-23; [5], с.147-171; [6], с.61-69; [7], с.94-113

Методические рекомендации

Металлографические исследования помогают выявить изменения, происходящие в структуре металла при различных режимах сварки и термообработки, а также дефекты шва и установить причины их образования.

Здесь подробно надо ознакомиться с характеристиками, определяемыми при макро- и микроисследованиях. При макроисследованиях, которые выполняются на изломах, засверленных отверстиях и специально подготовленных образцах, выявляются форма и размеры сварного шва и сечений, направление роста кристаллитов, размеры, зоны термического влияния, дефекты сварного соединения. При исследовании изломов определяют вид разрушения (пластичное или хрупкое). На образцах определяют распределение серы и фосфора (ликвации) в сварном соединении с помощью засвеченной бромсеребряной фотобумаги, выдержанной в 5% водном растворе серной кислоты. Бумага накладывается на шов, выдерживается в таком положении и фиксируется. Сера и фосфор будут видны в виде коричневых пятен.

Далее следует сравнить подготовку образцов для макро- и микроисследований, а также составы реактивов для их обработки.

Изучая микроисследования сварных соединений, надо обратить внимание на то, что при этом выявляется строение металла в отдельных участках или зонах сварного соединения при увеличении в 100-1000 раз. Выявляется величина зерна, содержание углерода, микродефекты и т.д. в качестве документа контроля используются микрофотографии при соответствующем увеличении.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните, каково назначение металлографического контроля?
- 2 Объясните, с какой целью производят травление металла?
- 3 Объясните, как производят подготовку металла для металлографического контроля.
- 4 Опишите последовательность проведения макроанализа.
- 5 Опишите последовательность проведения микроанализа.
- 6 Опишите дефекты, которые можно выявить, проводя металлографические исследования.

Тема 3.3 Коррозионные испытания сварных соединений

Виды коррозии. Классификация способов испытания на стойкость против общей и межкристаллитной коррозии.

Методика проведения испытания на коррозионную стойкость. Образцы для испытаний.

Техника безопасности при проведении коррозионных испытаний.

Литература: [1], с.148-179; [3], с.23-26; [4], с.12-14, 18-23; [5], с.147-171; [6], с.61-69; [7], с.94-113

Методические рекомендации

В начале изучения темы следует вспомнить, что называется коррозией и какие процессы лежат в основе коррозионных явлений. Необходимо разобраться в основных видах коррозии, которым подвержены сварные швы, и причинах их возникновения. Нужно знать, что коррозия может быть общей, межкристаллитной и усталостной и имеет различные проявления.

Рекомендуется ознакомиться с различными методами определения коррозионной стойкости сварных соединений и порядком подготовки образцов для различных испытаний. Необходимо знать технику проведения коррозионных испытаний и уметь дать оценку коррозионной стойкости на основании разработанных методик.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните, каково назначение коррозионных испытаний?
- 2 Опишите известные Вам методы проведения коррозионных испытаний.
- 3 Опишите технику проведения коррозионных испытаний.

Тема 3.4 Химический и спектральный анализ сварных соединений

Значение контроля химического состава исходных материалов и наплавленного металла для обеспечения высокого качества сварных соединений.

Методика отбора проб на химический анализ.

Спектральный анализ. Сущность спектрального анализа, его значение для сортировки металла. Переносные и стационарные стилоскопы.

Фотографический и фотоэлектрический способы определения состава сварных швов. Методы локального спектрального анализа

Литература: [1], с.148-179; [3], с.23-26; [4], с.12-14, 18-23; [5], с.147-171; [6], с.61-69; [7], с.94-113

Методические рекомендации

Химический анализ проводится при исследовании сварных соединений, а также при разработке и освоении, а также при разработке и освоении новой

сварочной технологии. При исследовании сварных соединений обычно проводят химический анализ основного, присадочного (электродов и проволоки) и направленного металла шва.

Необходимо ознакомиться с физической сущностью спектрального анализа и оборудованием для его проведения. Нужно знать устройство и оптическую схему спектрографа СЛП, а также устройство генератора для возбуждения дуги типа ПГД.

Следует ознакомиться с назначением и проведением газового анализа, применяемым оборудованием, методами определения содержания кислорода, азота и водорода в металле сварного шва, а также знать порядок оформления результатов анализа.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте назначение спектрального анализа.
- 2 Охарактеризуйте цель проведения химического анализа.
- 3 Опишите этапы проведения спектрального анализа.
- 4 Опишите этапы проведения химического анализа.

Тема 3.5 Выбор метода и организация контроля металлов и сварных соединений

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

Выбор метода контроля качества металлов и сварных соединений в зависимости от назначения, габаритов, формы изделия и от условий работы.

Документация по качеству сварки металлов.

Организация службы контроля в заводских и монтажных условиях.

Литература: [1], с.142-147; [3], с.16-22; [4], с.14-18; [6], с.4-17, 30-33

Методические рекомендации

В связи с тем, что материал темы освещен в специальной литературе недостаточно, его изучение может встретить затруднения, поэтому рекомендуем: следовать нижеприведенным указаниям.

В современных условиях имеется большое разнообразие видов неразрушающего контроля (согласно ГОСТ18353-79 предусмотрено 9 видов НК.), поэтому при выборе вида, метода и средств контроля необходим тщательный анализ их технико-экономической активности. При выборе метода контроля учитывается не только назначение сварной конструкции, но и возможность использования метода на предприятии-изготовителе изделия или строительно-монтажной площадке. Далее следует отметить, что система контроля характеризуется такими взаимосвязанными параметрами, как объект контроля, метод контроля, средства контроля, документация на контроль, условия контроля,

исполнитель (контролер). Повышение категории (класса) сварного соединения требует применения более совершенных методов, средств документации, более высокой квалификации контролеров. При этом может повыситься производительность контроля, но одновременно возрастут затраты на оборудование контроля, заработную плату контролеров и т.д. из этого можно сделать выбор, что при функционировании системы контроля взаимодействуют два фактора: эффект - желательный результат, и затраты - нежелательный результат. Поэтому эффективность системы контроля определяется соотношением эффекта и затрат.

Однако необходимо иметь в виду, что учитывается и такой фактор, как выявляемость, то есть вероятность обнаружения дефекта. Это отношение числа обнаруженных дефектов к общему числу дефектов. Выявляемость во многом зависит от типа дефекта, что в свою очередь зависит от чувствительности метода, контролепригодности конструкции и т.п. Современные методы контроля не всегда дают информацию о реальных дефектах, каждый метод имеет определенный диапазон выявляемых дефектов и их размеров.

Поэтому здесь следует повторить характерные особенности и чувствительность изученных методов контроля.

Далее следует иметь в виду, что разработана методика определения эффективности применения метода контроля через $K_{\text{т.э.}}$ -комплексный показатель технико-экономической эффективности, связывающий анализируемые факторы контроля (фактор размера дефекта, фактор затрат по контролю, фактор контролепригодности конструкции и фактор условий контроля) с коэффициентами весомости факторов (α_i) при этом сумма $\alpha_i = 1$. Таким образом, критерием выбора метода контроля является $K_{\text{т.э.}} = \max$.

Для выбора факторов контроля можно воспользоваться методиками, разработанными различными научными институтами.

Таким образом, пользуясь достаточно простым математическим аппаратом, мы имеем возможность не только выбрать оптимальный и рациональный метод контроля, но и оценить его экономическую эффективность.

В заключение изучения темы желательно кратко ознакомиться с организацией службы контроля, предварительно вспомнив о нормативном и оптимальном уровнях качества, обеспечивающих минимум затрат при достаточном запасе надежности конструкции. Затем следует записать в тетради задачи, решаемые путем организации контроля качества, структуру службы контроля, которая должна обеспечить выполнение двух функций контроля-предупредительной и приемочной.

После этого рекомендуется ознакомиться с организацией контроля на вашем предприятии и новыми образцами форм «Контроль-учет» КУ-1 и «Контроль сборочных работ» КСР-1.

Вопросы для самоконтроля

1 Охарактеризуйте требования к контролю качества металлов и сварных соединений различных конструкций.

- 2 Объясните, исходя из каких условий выбираются методы контроля качества?
- 3 Опишите организацию службы контроля в заводских и монтажных условиях.

Список используемых источников

- 1 Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н.Волченко. – Москва: Машиностроение, 1986. – 152 с.
- 2 Кретов, Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е.Ф.Кретов. – Санкт-Петербург: Издательство «Свен», 2007. – 296 с.
- 3 Куликов, В.П. Контроль качества сварных соединений / В.П.Куликов, В.Г.Лупачев. – Минск: Полымя, 2001. – 479 с.
- 4 Моцохин, С.Б. Контроль качества сварных соединений / С.Б.Моцохин. – Москва: Стройиздат, 1985. – 233 с.
- 5 Овчинников, В.В. Контроль качества сварных соединений / В.В.Овчинников. – Москва: Академия, 2016. – 208 с.
- 6 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник в 2-х книгах / под ред. В.В. Ключева. – Москва: Машиностроение, 1986.
- 7 Ханапетов, М.В. Контроль качества сварных соединений / М.В.Ханапетов. – Москва: Стройиздат, 1979. – 180 с.
- 8 Шебеко, Л.П. Контроль качества сварных соединений / Л.П.Шебеко, А.П.Яковлев. – Москва: Стройиздат, 1972. – 170 с.
- 9 Щербинский, В.Г. Методы дефектоскопии сварных соединений / В.Г.Щербинский. – Москва: Машиностроение, 1987. – 160 с.

Задания на домашнюю контрольную работу по учебному предмету «Контроль качества сварных конструкций»

1 Составьте классификационную таблицу методов контроля качества сварных конструкций и кратко охарактеризуйте каждый метод (согласно таблицы 1).

Таблица 1 – Методы контроля

Метод контроля	Выявляемые дефекты	Достоинства метода контроля	Недостатки метода контроля

2 Составьте таблицу дефектов сварных швов и соединений по следующей схеме (таблица 2).

Таблица 2 – Дефекты сварных швов и соединений

Вид дефекта	Возможное расположение в сварном соединении	Условное обозначение дефекта	Возможные причины образования дефекта	Для какого вида сварки характерен дефект

3 Составьте таблицу дефектов сварных соединений, причин возникновения, методов выявления и способов устранения согласно таблице 3.

Таблица 3 – Причины возникновения и способы устранения дефектов

Вид дефекта	Причины возникновения	Метод выявления	Способы устранения

- 4 Опишите влияние дефектов на прочность сварных соединений.
- 5 Опишите дефекты недопустимы в сварном соединении.
- 6 Опишите внешние дефекты сварных соединений.
- 7 Опишите внутренние дефекты сварных соединений.
- 8 Опишите мероприятия по предупреждению дефектов в сварных конструкциях.
- 9 Опишите мероприятия по контролю качества основного и сварочного материалов, заготовок и сборки под сварку.

10 Определите и опишите метод контроля, с помощью которого выявляются дефекты формы шва и его размеры.

11 Изложите технологию контроля качества сварных конструкций и изделий внешним осмотром и обмером.

12 Составьте классификационную таблицу методов контроля непроницаемости (герметичности) и кратко охарактеризуйте каждый метод.

13 Опишите сущность, оборудование и методы масс-спектрометрического контроля.

14 Сравните вакуумный метод контроля герметичности с другими пузырьковыми методами.

15 Опишите методики выполнения гидравлических испытаний и укажите рациональные области применения.

16 Опишите физические основы и методы магнитного контроля, способы намагничивания и намагничивающие устройства.

17 Дайте описание сущности магнитографического метода контроля. Чем отличается магнитопорошковый метод контроля от магнитографического?

18 Опишите технологию проведения вихретокового и феррозондового контроля.

19 Дайте описание сущности, оборудования и технологии капиллярного метода.

20 Сравните методы, позволяющие выявлять поверхностные дефекты.

21 Составьте классификационную таблицу радиационных методов контроля и кратко охарактеризуйте каждый метод.

22 Сравните природу, получение и свойства рентгеновских и гамма-лучей.

23 Опишите конструкцию и основные узлы аппарата для рентгеновского контроля качества сварных соединений.

24 Сравните оборудование для рентгеновского и гамма-контроля.

25 Сравните радиографический и электрорадиографический (ксерорадиографический) методы контроля.

26 Опишите радиоскопический и радиометрические методы контроля.

27 Опишите влияние толщины, плотности материала и энергии излучения на чувствительность радиографического метода

28 Опишите влияние на чувствительность радиографического метода формы дефекта и его пространственной ориентации.

29 Опишите вредное воздействие проникающих излучений на организм человека. Каковы способы охраны труда и окружающей среды при контроле проникающими излучениями?

30 Опишите природу, получение и свойства ультразвука, позволяющие применить его для контроля качества сварных конструкций.

31 Выполните сравнительный анализ методов ультразвуковой дефектоскопии.

32 Дайте блок-схему ультразвукового дефектоскопа, охарактеризуйте назначение его узлов и опишите порядок настройки дефектоскопа на параметры.

33 Опишите технологию ультразвукового контроля, поиск дефектов, определение их координат и размеров.

34 Обоснуйте целесообразность применения ультразвуковой дефектоскопии в сварочном производстве.

35 Составьте классификационную таблицу разрушающих методов контроля и кратко охарактеризуйте каждый метод. Обоснуйте необходимость применения разрушающих методов контроля.

36 Сравните между собой статические, динамические и циклические испытания.

37 Опишите цели, преследуемые металлографическими исследованиями, составьте классификационную таблицу металлографических исследований.

38 Обоснуйте целесообразность применения металлографических исследований и опишите технологию макро- и микроисследований.

39 Обоснуйте целесообразность химического и спектрального анализа и опишите методику их выполнения.

40 Опишите методы коррозионных испытаний сварных соединений, включая испытания на межкристаллитную коррозию.

41 Сравните химическую и электрохимическую коррозию сварных соединений. Обоснуйте необходимость применения коррозионных испытаний сварных соединений.

42 Раскройте сущность статистических методов контроля и управления качеством сварки.

43 Докажите, что качество сварки можно прогнозировать и планировать.

44 Опишите организацию контроля качества на предприятии, где Вы работаете, применяемые виды контроля.

45 Опишите как контроль качества сварных соединений подразделяется по стадиям технологического процесса.

Задача. По данным таблицы 4 необходимо:

1 Выбрать наиболее рациональный метод контроля и кратко описать методику проведения. Указать преимущества и недостатки выбранного метода контроля.

2 Указать и кратко пояснить назначение оборудования и приборов, применяемых при выбранном методе контроля.

3 Описать технику безопасности при проведении выбранного метода контроля.

Примечание. Вариант задачи выбирается по последней цифре шифра учащегося

Методические рекомендации по решению задачи

Приступая к решению задачи, следует:

1 Вспомнить особенности технологии заданного способа сварки, которые Вы изучали на учебных предметах «Технология и оборудование газопламенной обработки металлов», «Технология сварки плавлением», «Технология и оборудование сварки давлением», а также особенности кристаллизации и структурные превращения, происходящие в околошовной зоне в зависимости от марки свариваемого материала.

2 Дать краткую характеристику заданных дефектов.

3 Выбрать способ контроля. Следует учесть основные требования, предъявляемые к нему:

возможность осуществления эффективного контроля на различных стадиях изготовления, в эксплуатации и при ремонте изделий;

возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;

высокая достоверность результатов контроля;

возможность механизации и автоматизации контроля;

высокая надежность дефектоскопической аппаратуры и возможность использовать ее в различных условиях;

простота методики контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

4 Указать, какие факторы помимо специфических особенностей и технических возможностей каждого метода влияют на выбор контроля (характер подлежащих выявлению дефектов, места расположения возможных дефектов на детали, условия работы детали и т.д.) и объяснить их.

5 Выбрать метод контроля, найти в рекомендуемых учебниках его описание и кратко изложить в контрольной работе.

6 Указать оборудование, необходимое для проведения контроля, объяснить принцип его работы, привести конструктивную или принципиальную схему, дать к ней спецификацию, указать основные узлы и их назначение.

Описать основные требования техники безопасности при проведении выбранного метода контроля.

Таблица 4 – Данные для решения задачи

Номер задачи	Сварное изделие	Материал	Способ сварки	Условия работы изделия	Предполагаемые дефекты
0	Резец проходной	Сталь Р9 ГОСТ 19265-79 Сталь 20 ГОСТ 1050-88	Контактная сварка оплавлением	Вибрационные нагрузки	Трещины, дефекты микроструктуры
1	Баллон пропановый (давление 1,6 МПа)	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Автоматическая сварки в среде углекислого газа	Герметичность	Несплошности, непровары, свищи
2	Бензиновый бак (емкость 40л)	Сталь Х6С ГОСТ 4543-71	Контактная шовная сварка	Герметичность	Трещины, непровары
3	Емкость для хранения кислот объемом 100 л	Сталь 04Х18Н10 ГОСТ 5632-72	Дуговая сварка под слоем флюса	Герметичность, коррозионная стойкость	Поры, горячие трещины
4	Паропровод (t° пара 350°C, давление 40×10^5 Н/м ²)	Сталь 08Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	Механизированная сварка в среде защитных газов	Герметичность, коррозионная стойкость	Дефекты микроструктуры шва и околошовной зоны
5	Труба водопроводная Ø400мм (t° воды 20°C)	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	Газовая сварка	Герметичность	Газовые поры, шлаковые включения
6	Рычаг (длина 1м)	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Ручная дуговая сварка	Статическая нагрузка	неравномерность ширины шва по длине
7	Стрела автокрана (длина 6м)	Сталь 35 ГОСТ 1050-88	Механизированная сварка в среде защитных газов	Динамическая нагрузка	Трещины в шве и околошовной зоне
8	Рама лебедки (длина 4м)	Сталь Ст2сп ГОСТ 380-2005	Ручная дуговая сварка	Статическая нагрузка	несоответствие конструктивных элементов сварного шва стандарту
9	Рельсовые стыки	Сталь 63 ГОСТ 4121-96	Контактная сварка оплавлением	Динамическая знакопеременная нагрузка	Дефекты микроструктуры шва и околошовной зоны

