

С.В. Лапшина

ДИАГНОСТИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА
Лабораторный практикум

Волжский

2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С.В. Лапшина

Диагностика и организация ремонта
Лабораторный практикум

Электронное учебное пособие



Волжский
2021

УДК 66.02(07)

ББК 34.7я73

Л 248

Рецензенты:

канд. техн.-х. наук, ведущий инженер-конструктор ООО «КОМЕД»

Харитонов В.Н.,

начальник монтажно-технологического отдела

ОАО «Гипрорезинотехника»

Афанасьева Е.Е.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Лапшина, С.В.

Диагностика и организация ремонта. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Лапшина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 220 КБ). – Волжский, 2021. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул.экрана.

ISBN 978-5-9948-4180-8

В учебном пособии рассматриваются лабораторные и практические работы по организации восстановительных работ оборудования. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Учебное пособие может использоваться для самостоятельной подготовки.

Ил. 14. табл. 9, библиограф.: 29 назв.

ISBN 978-5-9948-4180-8

© Волгоградский государственный
технический университет, 2021

© Волжский политехнический
институт, 2021

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа № 1 Контроль качества сварочных материалов	5
Лабораторная работа № 2 Определение наружных дефектов сварных швов	8
Лабораторная работа № 3 Определение качества сварных соединений визуальным и измерительным контролем	9
Практическая работа № 1 Классификация видов и типов дефектов сварки	11
Практическая работа № 2 Причины дефектов и способы устранения	12
Практическая работа № 3 Классификация видов контроля.	14
Практическая работа № 4 Порядок выполнения визуального и измерительного контроля согласно РД 03-606-03	16
Практическая работа № 5 Устройство и технические характеристики рентгеновских и гамма – аппаратов	18
Практическая работа № 6 Выбор аппарата для радиационной дефектоскопии	21
Практическая работа № 7 Определение схемы просвечивания различных сварных соединений	23
Практическая работа №8 Выбор параметров и методов рентгеновского контроля. Оценка качества по снимкам	24
Ультразвуковая дефектоскопия	29
Лабораторная работа № 4 Ультразвуковой контроль качества сварных соединений	31
Практическая работа № 9 Изучение устройства и работы ультразвукового дефектоскопа УД2-140	32
Практическая работа № 10 Изучение устройства и технических характеристик ультразвукового толщиномера	35
Магнитопорошковая дефектоскопия	38
Лабораторная работа № 5 Контроль качества сварных соединений магнитопорошковым методом	44
Практическая работа № 11 Схемы способов намагничивания	51
Практическая работа № 12 Характеристика методов течеискания	55
Цветная дефектоскопия	56
Лабораторная работа № 6 Контроль качества сварных соединений методом капиллярной дефектоскопии	59
Лабораторная работа № 7 Контроль герметичности сварных соединений «керосиновой пробой»	66
Лабораторная работа № 8 Контроль герметичности сварных соединений гидравлическим методом	68
Литература	71
Приложения	73

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все предприятия вынуждены искать способы повышения эффективности работы своих ремонтных служб. Наилучшие результаты при этом получаются при переходе от системы обслуживания оборудования – ППР к системе обслуживания по техническому состоянию. Известно, что не следует разбирать и ремонтировать еще хорошее оборудование. Простая разборка и сборка оборудования, даже без замены деталей, может уменьшить ресурс его работы на 30 процентов. Также нет гарантии, что Вы при ремонте установите комплектующие лучшего качества. А если еще учесть неизбежную послеремонтную приработку узлов агрегата, то вместо пользы будет... Но нельзя и откладывать необходимый ремонт. Обычно все дефекты имеют тенденцию к дальнейшему саморазвитию, разрастаясь до целого «букета» причин, одна из которых приводит в конечном итоге к аварийной остановке агрегатов. Самый дешевый и быстрый ремонт – своевременное устранение первопричины аварии. Это достигается за счет оперативной оценки текущего технического состояния оборудования, своевременного выявления дефектов, оптимального планирования сроков проведения ремонтов.

Лабораторная работа № 1

Контроль качества сварочных материалов

Цель лабораторной работы: произвести контроль основного металла и сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса), дать оценку их качества на основании ГОСТ и ТУ.

1. Теоретические сведения

Определенная часть дефектов сварных швов появляется в результате применения недостаточно качественных исходных материалов. Предотвратить появление этих дефектов помогает предварительный контроль сварочных материалов. Выполняется внешний осмотр и обмер. Все поступающие в производственное подразделение заготовки и сварочные материалы должны проверяться на наличие сертификатов, заводской маркировки и соответствие их проекту.

2. Описание рабочего места и оборудования

Принадлежности – чертежи на изготовление сварной детали, металл для сварного соединения, сварочные электроды, сварочная проволока, шаблоны для проволоки, ГОСТы.

3. Техника безопасности

Ознакомится с инструкцией по охране труда при проведении занятий в учебных кабинетах, учебно-производственных мастерских, лабораториях.

4. Порядок проведения

Контроль документации

- Изучить чертежи, по которым будет изготавливаться деталь, ознакомиться с технологическими картами, в которых указаны последовательность операций, диаметр и марка электродов, требуемая разделка кромок, марка стали, вид сварки и т.д.

Контроль качества основного материала

- Изучить сертификат на основной металл. Качество металла должно соответствовать данным сертификата завода-поставщика. В сертификате указывается марка металла, химический состав, номер партии, результаты испытаний, номер стандарта на материал.
- Проверить внешним осмотром данные образцы основного металла с целью обнаружения дефектов (окалины, ржавчины, трещин, расслоений и т.п.).

Контроль качества электродов

- Изучить сертификат на электроды марки, указанной в чертеже или технологическом процессе на изготовление данной сварной детали или конструкции.
- Ознакомиться с техническими требованиями к электродам по ГОСТ 9466-75.
- Проверить прочность покрытия: бросить данный электрод на бетонный пол с высоты 1 м. При этом покрытие не должно разрушаться.
- Проверить состояние внешней поверхности электродов (определить отсутствие трещин, пор, вздутий).
- Проверит влажность и влагостойкость покрытия электродов.
- Взвесить контролируемые электроды на электронных весах с погрешностью не более 0,05 г.
- Взвесить аналогичные электроды, предварительно прокаленные согласно сертификату на эту марку.
- Взвесить аналогичные электроды, предварительно погруженные в воду на 24 часа при температуре 15-20 С.
- Рассчитать влажность и водопоглощение покрытия контролируемых электродов по формулам:

$W_1 = \frac{(M_2 - M_1)}{M_1} \times 100$; где M_1 – масса прокаленных электродов;

M_2 – масса исследуемых электродов.

$W_2 = \frac{(M_3 - M_1)}{M_1} \times 100$; где M_1 – масса прокаленных электродов;

M_1 и M_3 – масса электродов, выдержанных в воде 24 часа.

Контроль качества сварочной проволоки

- Проверить данную проволоку на чистоту поверхности от окислов, смазки и загрязнений. Проверить бирку завода и сертификат, в котором указывается № плавки, марка и хим.состав.
- Записать полученные результаты в таблицу 1.

Таблица 1

№ п\п	Наименование исходных материалов	Наличие документа сертификата	Соответствие марок и размеров требованиям технологической документации	Наличие внешних дефектов	Значение влажности покрытия электродов в %, загрязнений проволоки	Вывод о качестве материалов
1	Основной металл					
2	Электроды					
3	Сварочная проволока					

5. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать название работы, цель, оборудование и принадлежности, краткое описание хода работы, заполненную таблицу 1, ответы на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы

1. Какова причина появления дефектов в сварочных швах?
2. Что относится к сварочным материалам?
3. Что входит в комплекс операций входного контроля?
4. Как определяют качество электродов по ГОСТ 9466-75?

Лабораторная работа № 2

Определение наружных дефектов сварных швов

Цель работы: определить наружные дефекты сварных соединений и возможные причины их возникновения.

1. Теоретические сведения

К дефектам сварных соединений относятся различные отклонения от установленных норм и технических требований, которые уменьшают прочность и эксплуатационную надежность и могут привести к разрушению всей конструкции.

Дефекты разделяют на наружные и внутренние. К наружным относят: несоответствие размеров и формы шва, подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, свищи, наплывы, поверхностные трещины и поры, непровары и т.д.

Основными причинами образования дефектов являются нарушения технологии сборки и сварки, применение несоответствующих сварочных материалов, неправильный выбор режима сварки, низкая квалификация сварщика.

2. Описание рабочего места и оборудования

Оборудование и материалы: комплект ВИК, образцы сварных деталей. ГОСТ 5264–80, ГОСТ 16037–80.

3. Техника безопасности

Ознакомится с инструкцией № 01-10 по охране труда при проведении занятий в учебных кабинетах, учебно-производственных мастерских, лабораториях.

4. Порядок проведения

1. Выполнить эскиз сварной детали с обозначением сварных швов.
2. Выполнить эскизы сварных соединений с указанием геометрических размеров швов.

3. Определить наружные дефекты швов, причины их появления.
4. Определить размеры дефектов с помощью комплекта ВИК.
5. Все данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

№	Тип сварного соединения по ГОСТ	Толщина металла	Способ сварки	Дефекты сварного соединения	Размеры дефекта, мм	Основные причины появления дефекта
1						

6. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать: название работы, цель, оборудование и материалы, эскиз сварной детали и сварных соединений, заполненную таблицу 1.
2. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы

1. Что называют дефектом сварного соединения?
2. Какая существует классификация дефектов сварных соединений?
3. Каковы основные причины появления дефектов в сварных швах?
4. Какие дефекты относятся к наружным?
5. Каким способом определяют наружные дефекты?

Лабораторная работа № 3

Определение качества сварных соединений визуальным и измерительным контролем

Цель лабораторной работы: визуальный и измерительный контроль сварных соединений.

1. Теоретические сведения

1.1. Целью визуального и измерительного контроля является выявление недопустимых наружных дефектов сварных соединений, определения геометрических параметров сварных швов и размеров дефектов.

1.2. Визуальный и измерительный контроль выполняют до проведения контроля материалов и сварных соединений (наплавки) другими методами неразрушающего контроля, а также после устранения дефектов.

1.3. Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от ржавчины, окалина, грязи, краски, масла, влаги, шлака, брызг расплавленного металла, продуктов коррозии и других загрязнений, препятствующих проведению контроля.

2. Описание рабочего места и оборудования

Инструменты – комплект ВИК, сварные образцы, люксметр «ТКА-ПКМ»

3. Техника безопасности

1. Зачистку сварного шва выполнять в брезентовых рукавицах.

2. Контроль внешним осмотром выполнять при освещении не менее 500Лк

4. Порядок проведения

1. Изучите чертеж сварного соединения.

2. Подготовьте образец к осмотру: зачистите шов с помощью шлифовальной бумаги.

3. Произведите визуальный и измерительный контроль исследуемого образца сварного соединения с помощью комплекта ВИК, на основании типовой технологической карты контроля.

5. Отчет о работе

1. Сделайте вывод о годности сварного соединения, сравнив полученные результаты с требованиями чертежа и технологической карты.

2. Составить заключение по контролю сварных соединений визуальным и измерительным методом. Форма заключения в Приложении 1.

6. Контрольные вопросы

1. Какова причина появления дефектов в сварочных швах?
2. Какие виды дефектов сварных швов вы знаете?
3. Согласно какой нормативной документации проводят контроль ВИК?

Практическая работа № 1

Классификация видов и типов дефектов сварки

Цель работы: составить классификации дефектов сварных соединений по расположению, по форме, по размерам, по количеству.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

1. Изучить тему «Классификация дефектов сварных соединений».

2. Теоретические сведения

К дефектам сварных соединений относятся различные отклонения от установленных норм и технических требований, которые уменьшают прочность и эксплуатационную надежность сварных соединений и могут привести к разрушению всей конструкции.

Наиболее часто встречающиеся дефекты можно разделить на следующие основные группы: дефекты формы и размеров сварных; швов; дефекты макро- и микроструктуры; деформации и коробление; сварных конструкций.

Дефекты сварных швов и соединений, выполненных сваркой плавлением, возникают из-за нарушения требований нормативных документов к подготовке, сборке и сварке соединяемых узлов, механической и термической обработке сварных швов и самой конструкции, к сварочным материалам.

Дефекты сварных соединений могут классифицироваться по различным признакам: форме, размеру, размещению в сварном шве, причинам образования, степени опасности и т.д. Наиболее известной является классификация дефектов, рекомендованная межгосударственным стандартом ГОСТ 30242-97 «Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация».

фикация, обозначения и определения». Согласно этому стандарту дефекты сварных соединений подразделяются на шесть групп:

- трещины;
- полости, поры, свищи, усадочные раковины, кратеры;
- твердые включения;
- несплавления и непровары;
- нарушения формы шва – подрезы, усадочные канавки, превышения выпуклости, превышения проплава, наплавы, смещения, натеки, прожоги и др.;
- прочие дефекты.

Каждому типу дефекта соответствует цифровое обозначение, а также возможно буквенное обозначение, рекомендованное международным институтом сварки (МИС).

3. Порядок выполнения

1. Составить классификации дефектов сварных конструкций по расположению, по форме, по размерам, по количеству. Классификации записать в виде таблицы или схемы.
2. Ответить на контрольные вопросы

4. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать: название работы, цель, классификацию дефектов, ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. Что называется дефектом сварного соединения?
2. Какова классификация дефектов сварных соединений на группы по ГОСТ 30242-97
3. Какова классификация трещин?
4. Какие существуют дефекты формы шва?

Практическая работа № 2

Причины дефектов и способы устранения

Цель работы: изучить причины возникновения дефектов при различных способах сварки и способы их устранения

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

Устранение сварочных дефектов.

<http://svarkainfo.ru/rus/lib/quolity/defectelimination/>

2. Теоретические сведения

Все дефекты сварного шва подлежат обязательному устранению, а если это невозможно, сварное изделие бракуется. В конструкциях из стали допускается устранение дефектов плазменно-дуговой или воздушно-дуговой строжкой с последующей обработкой поверхности абразивами. Можно устранять наружные дефекты шлифовкой. Если производится заварка выборок в швах, подлежащих обязательной термической обработке (из легированных и хромистых сталей), то приступать к исправлению дефектов следует только после отпуска сварного соединения (при 450—650°С).

При удалении дефектных мест целесообразно соблюдать определенные условия. Длина удаляемого участка должна быть равна длине дефектного места плюс 10-20 мм с каждой стороны, а ширина разделки выборки должна быть такой, чтобы ширина шва после заварки не превышала его двойной ширины до заварки. Форма и размеры подготовленных под заварку выборок должны обеспечивать возможность надежного провара в любом месте. Поверхность каждой выборки должна иметь плавные очертания без резких выступов, острых углублений и заусенцев. При заварке дефектного участка должно быть обеспечено перекрытие прилегающих участков основного металла. После заварки участок необходимо зачистить до полного удаления раковин и рыхлости в кратере, выполнить на нем плавные переходы к основному металлу.

Исправленные швы сварных соединений должны быть повторно проконтролированы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству изделия. Если при этом вновь будут обнаружены дефекты, то производят

их повторное исправление с соблюдением необходимых требований. Число исправлений одного и того же дефектного участка, как правило, не превышает трех раз.

3. Порядок выполнения

1. Выбрать типичные дефекты для дуговых способов сварки (покрытым электродом, в защитном газе, под флюсом), контактной сварке, электронно-лучевой, лазерной, сваркой трением. Заполнить таблицу 1.
2. Ответить на контрольные вопросы.

4. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать: название работы, цель, таблицу 1, ответы на контрольные вопросы.

Таблица 1

№ п/п	Способ сварки	Типичные дефекты	Причины возникновения	Способы предотвращения и устранения
1	Ручная дуговая покрытым электродом			
2	В защитных газах			
3	Под флюсом			
4	Контактная			
5	Электронно-лучевая			
6	Лазерная			
7	Сварка трением			

5. Контрольные вопросы

1. Какова технология устранения кратеров?
2. Каким образом устраняют поверхностные и внутренние трещины?
3. Какова технология исправления подрезов?
4. Сколько раз допускается исправление одного и того же участка шва?

Классификация видов контроля

Цель работы: составить классификацию видов и методов контроля качества сварных соединения в виде схемы

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

- ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества
- Контроль качества сварки. <http://svarkainfo.ru/rus/lib/quolity/>

2. Теоретические сведения

Методы контроля качества сварных соединений делят на два класса: методы разрушающего контроля (РК) и методы неразрушающего контроля (НРК). К разрушающим относятся: металлографические исследования для определения структуры сварных швов и околошовной зоны; физико-химические исследования с целью определения коррозионной стойкости; механические испытания с целью определения конкретных прочностных характеристик.

Разрушающие испытания проводят на образцах-свидетелях, на моделях, в отдельных случаях на самих изделиях. Они позволяют получить количественные характеристики сварных соединений при механических испытаниях на растяжение, изгиб, сплющивание и т.п. По характеру нагрузки испытания могут быть статическими, динамическими, усталостными.

Неразрушающие испытания проводят обычно на самих изделиях. При этом качество сварных соединений, например, прочность или надежность, оценивают косвенно по физическим свойствам, имеющим связь с теми или иными дефектами в сварном шве или в зоне термического влияния. Неразрушающие методы контроля можно разделить на визуальный и измерительный контроль и физические методы контроля (дефектоскопия)

В зависимости от физических явлений, положенных в их основу, эти методы разделяют на 10 основных видов: 1) радиационный, 2) акустический, 3) магнитный, 4) капиллярный, 5) течеискание, 6) электромагнитный, 7) радиоволновой, 8) тепловой, 9) оптический, 10) электрический.

3. Порядок выполнения

1. Составить схему на тему «Классификация видов и методов контроля», пользуясь ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества.
2. Ответить на контрольные вопросы

4. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать: название работы, цель, схему «Классификация видов и методов контроля», ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. Каковы два основных класса контроля качества сварной продукции?
2. Какие методы контроля относятся к разрушающему контролю?
3. Какие методы контроля относятся к неразрушающему контролю?
4. От чего зависит выбор методов контроля?
5. На каких стадиях производства сварных конструкций осуществляется контроль качества?

Практическая работа № 4

Порядок выполнения визуального и измерительного контроля согласно РД 03-606-03

Цель работы: изучить методику визуально-измерительного контроля согласно РД 03-606-03; ознакомиться с инструментами и принадлежностями для контроля.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

1. Перед испытаниями образцов изучить методические указания по выполнению практической работы, пройти инструктаж по охране труда.
2. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

2. Теоретические сведения

РД 03-606-03 устанавливает порядок проведения визуального и измерительного контроля (ВИК) сварных соединений, наплавки и основного материала объектов, подконтрольных Ростехнадзору.

РД 03-606-03 обязателен для организаций, которые осуществляют деятельность по визуальному и измерительному контролю (ВИК) при строительстве, изготовлении, эксплуатации, монтаже, реконструкции, техническом диагностировании, ремонте, экспертизе промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах.

В РД 03-606-03 приведены определения различных дефектов и их иллюстрации, методики использования средств неразрушающего контроля для измерения конкретных дефектов.

РД 03-606-03 устанавливает требования:

- к контролю на конкретных стадиях (входной контроль, изготовление, подготовка к сборке и т.д.);
- к квалификации персонала, проводящего ВИК;
- к средствам НК (неразрушающего контроля);
- непосредственно к выполнению ВИК (подготовке мест контроля, подготовке к контролю, порядку ВИК на разных стадиях контроля и т.д.);
- к методам и средствам контроля для измерения конкретных параметров;
- к оценке результатов контроля;
- к процедурам продления, расширения и прекращения действия аттестации;
- к регистрации результатов контроля;
- к требованиям безопасности.

3. Описание рабочего места и оборудования

Инструменты – комплект ВИК, Инструкция по визуальному и измерительному контролю РД 03-606-03.

4. Техника безопасности

Ознакомится с инструкцией № 01-10 по охране труда при проведении занятий в учебных кабинетах, учебно-производственных мастерских, лабораториях.

5. Порядок выполнения

1. Изучить комплектацию набора для визуально-измерительного контроля.
2. Определить назначение измерительных инструментов для контроля качества сварных соединений и металла (штангенциркуля, универсального шаблона сварщика УШС-3, набора щупов, набора радиусов, угольников и др. инструментов).
3. Изучить возможности УШС-3 по паспорту завода-изготовителя, произвести несколько измерений для тренировки.
4. Изучить содержание инструкции по визуальному и измерительному контролю.
5. Ответить на вопросы по методике ВИК. Подготовиться к беседе по методике ВИК.
6. Изучить содержание технологической карты по ВИК.

6. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, оборудование и материалы, ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы

1. Каковы требования устанавливает РД 03-606-03 на стадии входного контроля?
2. Каковы требования устанавливает РД 03-606-03 при подготовке к контролю?
3. На каких стадиях производства сварных конструкций применяется ВИК?
2. Какие требования к персоналу, производящему ВИК?
3. Какой порядок выполнения ВИК готовых сварных изделий?
4. Какие инструменты применяются для измерительного контроля?

Практическая работа № 5

Устройство и технические характеристики рентгеновских и гамма – аппаратов

Цель практической работы: познакомиться с устройством, техническими характеристиками и марками рентгеновских и гамма-аппаратов.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

1. Рентгеновские аппараты <http://www.ncontrol.ru/catalog/Rentgenovskij-kontrol/Rentgenovskie-apparaty>
2. Рентгеновские аппараты <http://galas-ndt.ru/index.php?id=122>
3. Способы контроля сварных швов http://metallicheckiy-portal.ru/articles/svarka/dugovaa_svarka/svarnie_soedinenia_i_shvi/sposob_i_kontrola_svoj

2. Теоретические сведения

При радиационном контроле качества сварных соединений применяют источники излучения следующих трех основных типов: рентгеновские аппараты, гамма-дефектоскопы, заряженные радиоизотопными источниками излучения, а также ускорители электронов (бетатроны, линейные ускорители и микротроны). Выпускаемые отечественной промышленностью источники фотонного излучения для неразрушающего контроля охватывают диапазон энергий примерно 10 кэВ – 35 МэВ.

Рентгеновские аппараты

Рентгеновские аппараты – наиболее распространенные источники фотонов в диапазоне энергий от единиц до сотен килоэлектронвольт. Рентгеновское излучение в рентгеновском аппарате образуется в вакуумном приборе, называемом рентгеновской трубкой. В рентгеновской трубке помещается подогреваемый катод, нить накала которого служит источником термоэлектронов, и массивный анод. При приложении к катоду и аноду разности потенциалов электроны, эмиттируемые катодом, ускоряются и бомбардируют анод. При торможении электронов в материале анода образуется тормозное и характеристическое рентгеновское излучение, которым просвечивают контролируемые объекты. Участок поверхности мишени, на котором преимущественно тормозится пучок электронов, называется действительным фокусным пятном рентгеновской трубки. Проекция фокусного пятна в направлении оси рабочего пучка на плоскость, перпендикулярную этой оси,

называется эффективным фокусным пятном рентгеновской трубки. Для питания рентгеновской трубки в рентгеновском аппарате служит высоковольтный генератор, обеспечивающий накал катода и высокое напряжение. Управление током и напряжением на рентгеновской трубке и контроль за работой аппарата осуществляют с пульта управления. С целью защиты обслуживающего персонала от неиспользуемого рентгеновского излучения и высокого напряжения рентгеновские трубки помещают в специальные, как правило, освинцованные защитные кожухи.

Гамма-дефектоскопы

Значительный объем контроля сварных и паяных соединений осуществляется с помощью гамма-дефектоскопов. Гамма-дефектоскопы заряжают радиоизотопными источниками. Основные, важные для дефектоскопии характеристики радиоизотопных источников – энергетический спектр излучения, выход излучения, период полураспада и геометрические размеры источников.

В настоящее время для гамма-дефектоскопического контроля используют радиоизотопные источники на основе следующих изотопов в порядке возрастания энергии: ^{170}Tm , ^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co . Этими радиоизотопными источниками заряжают гамма-дефектоскопы различного назначения.

Линейные ускорители и микротроны

В качестве источников высокоэнергетического фотонного излучения в радиационных методах неразрушающего контроля используют ускорители электронов, сообщаящие им кинетическую энергию в диапазоне 1100 МэВ: линейные ускорители, микротроны и бетатроны.

3. Порядок выполнения

1. Зарисовать схему рентгеновской трубки, ампулы для источника гамма-излучения, подписать основные части.
2. Зарисовать принципиальные схемы рентгеновского аппарата-моноблока и аппарата кабельного типа.

3. Записать технические характеристики аппаратов для радиационного контроля различного типа.

4. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, рисунки и схемы, технические характеристики выбранных аппаратов для радиационного контроля в соответствии с заданием, ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. Какое оборудование применяется для радиационного контроля сварных соединений?
2. В чем отличие рентгеновских аппаратов-моноблоков и аппаратов кабельного типа?
3. Какие достоинства и недостатки у импульсных рентгеновских аппаратов?
4. Запишите несколько современных марок рентгеновских аппаратов разного типа и гамма-дефектоскопов

Практическая работа № 6

Выбор аппарата для радиационной дефектоскопии

Цель практической работы: выбрать рентгеновские и гамма-дефектоскопы для контроля стыков трубопроводов заданных размеров.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

- Рентгеновские аппараты <http://www.ncontrol.ru/catalog/Rentgenovskij-kontrol/Rentgenovskie-apparaty>
- Рентгеновские аппараты <http://galas-ndt.ru/index.php?id=122>

2. Теоретические сведения

Выбор источника излучения обуславливается технической целесообразностью и экономической эффективностью. Основными факторами, определяющими выбор источника, являются: заданная чувствительность; толщина и плотность материала контролируемого изделия; производитель-

ность контроля; конфигурация контролируемой детали; доступность ее для контроля и др. Например, при контроле изделий, в которых допускаются дефекты большого размера, целесообразнее применение изотопов с высокой энергией, обеспечивающих малое время просвечивания. Для изделий ответственного назначения используют рентгеновское излучение и только как исключение – изотопы, имеющие по возможности наименьшую энергию излучения.

3. Порядок выполнения

1. Выбрать рентгеновские дефектоскопы и гамма-дефектоскоп для радиационного контроля стыка трубы заданного диаметра, толщины стенки и условий контроля. Объяснить выбор дефектоскопов.
3. Записать технические характеристики выбранных аппаратов для радиационного контроля различного типа.

4. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, обоснование выбора оборудования для радиационного контроля, технические характеристики выбранных аппаратов для радиационного контроля в соответствии с заданием, ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. По каким параметрам осуществляется выбор аппарата для радиационного контроля?
2. В чем достоинства рентгеновских аппаратов по сравнению с гамма-дефектоскопами?
3. Что такое «панорамный способ» просвечивания? Чему равно фокусное расстояние при панорамном просвечивании?
4. Как изменяется во времени мощность экспозиционной дозы?

Практическая работа № 7

Определение схемы просвечивания различных сварных соединений

Цель практической работы: определить схемы просвечивания различных сварных соединений и изучить технологическую последовательность радиографического контроля.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы:

Изучить схемы просвечивания при радиографическом контроле сварных соединений.

– ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

2. Теоретические сведения

При контроле швов нахлесточных, тавровых и угловых соединений центральный луч направляют, как правило, под углом 45° к плоскости листа. Трубы большого диаметра (более 200 мм) просвечивают через одну стенку, а источник излучения устанавливают снаружи или внутри изделия с направлением оси рабочего пучка перпендикулярно ко шву.

При просвечивании через две стенки сварных соединений труб малого диаметра, чтобы избежать наложения изображения участка шва, обращенного к источнику излучения, на изображение участка шва, обращенного к пленке, источник сдвигают от плоскости сварного соединения на угол до $20... 25^\circ$.

При выборе схемы просвечивания необходимо помнить, что непровары и трещины могут быть выявлены лишь в том случае, если плоскости их раскрытия близки к направлению просвечивания ($0 \dots 10^\circ$), а их раскрытие $\geq 0,05$ мм.

Для контроля кольцевых сварных соединений труб часто применяют панорамную схему просвечивания, при которой источник с панорамным из-

лучением устанавливают внутри трубы на оси и соединение просвечивают за одну экспозицию.

После выбора схемы просвечивания устанавливают величину фокусного расстояния F . С его увеличением ненамного повышается чувствительность метода, но возрастает (пропорционально квадрату расстояния) время экспозиции. Фокусное расстояние выбирают в зависимости от схемы просвечивания, толщины материала и размеров активной части (фокусного пятна) источника излучения. Обычно фокусное расстояние выбирают в диапазоне 300...750 миллиметров.

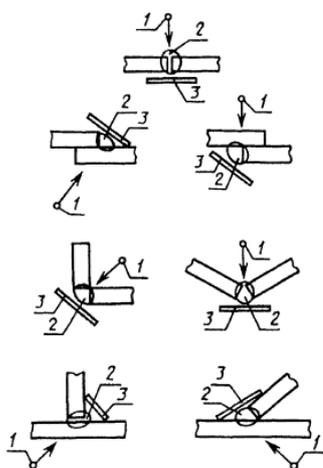


Рис.1 Схемы контроля стыковых, нахлесточных, угловых и тавровых соединений

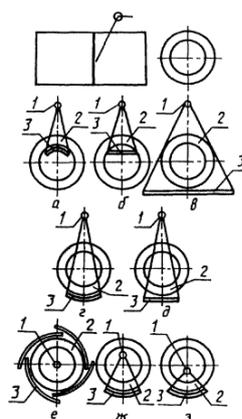


Рис.2 Схемы контроля кольцевых швов

3. Порядок выполнения

1. Выбрать и зарисовать схемы просвечивания для заданных сварных соединений.
2. Выбрать источник излучения.
3. Определить фокусное расстояние.

4. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, схемы просвечивания, марку дефектоскопа, фокусное расстояние, ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. Записать технологическую последовательность радиографического контроля.
2. Как осуществляется выбор схемы и режимов просвечивания?
3. На что влияет фокусное расстояние?
4. Как осуществляется выбор рентгеновской пленки?

Практическая работа № 8

Выбор параметров и методов рентгеновского контроля.

Оценка качества по снимкам

Цель практической работы: выбрать параметры рентгеновского контроля и определить время просвечивания. Оценить качество сварных швов по снимкам.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы:

Изучить схемы просвечивания при радиографическом контроле сварных соединений.

- ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

2. Теоретические сведения

Определение экспозиции при радиографическом контроле

Время просвечивания материала t определяется по формуле

$$t = t_0 K,$$

где t_0 – время просвечивания, найденное по номограмме экспозиции для пленки РТ-1 с металлическими усиливающими экранами;

K – переходной коэффициент.

При использовании в качестве источников излучения рентгеновских аппаратов экспозиция определяется по номограммам.

Значения переходных коэффициентов K для различных типов радиографических пленок и способов зарядки кассет приведены в таблице.

Схема зарядки кассет	Переходной коэффициент K для типов					
	пленок					пластин
	РТ-1	РТ-2	РТ-3	РТ-4	РТ-5	ПЭР2-3П
С металлическими усиливающими экранами	1	2	1,8	5	15	-
Без усиливающих экранов	2	4	3,5	10	30	0,5
С флуоресцирующими усиливающими экранами	1,5	0,29	1,2	2,9	14	-

Примечание. При определении переходных коэффициентов K использованы данные по чувствительности радиографических пленок при напряжении на рентгеновской трубке 80 кВ и оптической плотности, равной 1,5. Значения этих коэффициентов меняются в зависимости от качества применяемой радиографической пленки, времени ее хранения, состава проявителя, режимов просвечивания, энергии излучения и т.д.

Если просвечивание материалов производится с фокусными расстояниями, отличными от фокусных расстояний, приведенных на номограммах, то время просвечивания определяется по формуле:

$$t = t_0 \frac{F^2}{F_0^2},$$

где t – время просвечивания при выбранном фокусном расстоянии, см;

t_0 – время просвечивания при фокусном расстоянии, см.

При просвечивании материала под углом к его поверхности экспозицию следует определять по толщине S_φ , рассчитанной по формуле:

$$S_\varphi = \frac{S}{\cos \varphi},$$

где S – толщина контролируемого материала;

φ – угол между центральным лучом и перпендикуляром к поверхности материала.

Напряжение на рентгеновской трубке, квч

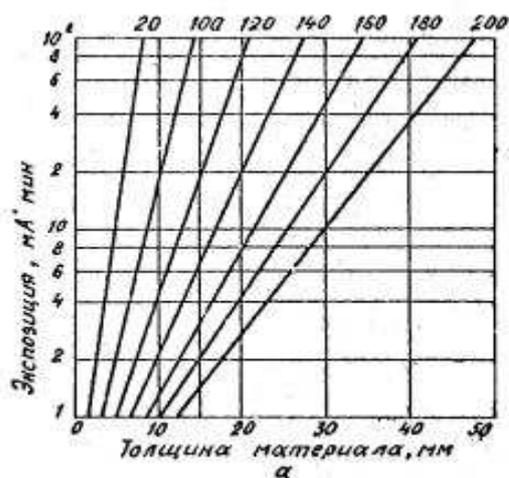


Рис.3. Номограммы для определения экспозиции просвечивания сплавов на основе железа рентгеновским излучением на пленку РТ-1 с оловянисто-свинцовыми фольгами толщиной 0,05 мм ($F=75$ см, $D_{opt}=1,3\div 1,5$)

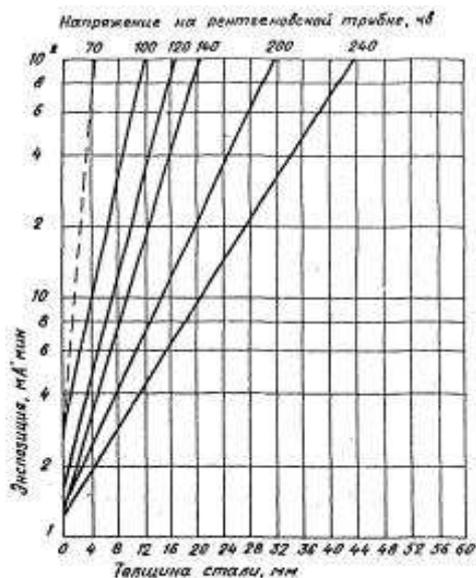


Рис.4. Номограмма для определения экспозиции просвечивания сплавов на основе железа аппаратом РУП-150/300-10 с трубкой 2,5 БПМ4-250 на пленки типа РТ-5 при $F=75$ см и $D_{opt}=1,3\div 1,5$

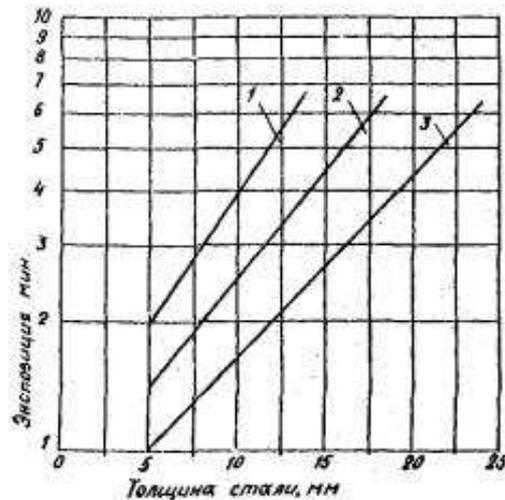


Рис.5. Зависимость экспозиции от толщины просвечиваемой стали при просвечивании на пленку РТ-1с металлическими экранами аппаратами серии "МИРА" (1 - МИРА-1Д; 2 - МИРА-2Д; 3 - МИРА-3Д)

3. Порядок выполнения

1. Выбрать и зарисовать схемы просвечивания для заданных сварных соединений.
2. Определить толщину просвечивания с учетом усилением шва.
3. Выбрать источник излучения.
4. Определить фокусное расстояние.
5. Выбрать рентгеновский аппарат. Записать его технические характеристики.
6. Выбрать рентгеновскую пленку с экранами.
7. Определить время просвечивания по номограмме.
8. При необходимости пересчитываем время просвечивания.
9. Оценить качество сварных швов по снимкам. Записать дефекты с помощью условных обозначений по ГОСТ 7512-82 (или с. 82 учебник Овчинников В.В.Контроль качества сварных соединений).

4. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, выбранные параметры рентгеновского контроля, время просвечивания, результаты оценки качества шва на рентгеновской пленки, ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. Какова сущность радиографического метода контроля сварных швов?
2. С какой целью применяются эталоны чувствительности? Виды эталонов чувствительности.
3. Как происходит зарядка и фотообработка R-плёнок?
4. Какова технология расшифровки R-снимков?

Ультразвуковая дефектоскопия

Ультразвуковую диагностику в современном мире обычно проводят при помощи ультразвукового дефектоскопа, который предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сложности и однородности материалов, готовых изделий, полуфабрикатов и сварных (паяных) соединений, измерения глубины и координат залегания дефектов. Измерения отношений амплитуд сигналов, отраженных от дефектов.

Особенности дефектоскопа:

- простое, контролируемое микропроцессором управление;
- автоматическая компенсация отвода и нуля;
- несколько вариантов индикации сигнала;
- возможна установка калибровочных стандартов;
- всесторонний набор контрольных щупов;
- современные возможности выдачи документации на принтер или ПК через последовательный интерфейс RS 232;
- внешнее управление через ПК или систему автоматического контроля;
- два сигнальных порога;
- полная совместимость с перемешивающими приборами и существующими щупами.

1. Особенности ультразвукового дефектоскопа

Дефектоскоп предназначен для обнаружения внутренних дефектов сварных швов (пор, трещин, несплавлений, шлаковых включений и др.) в метлах и некоторых пластмассах. Прибор позволяет определить, на какой глубине находится дефект в пределах $7 \div 50$ мм точностью ± 1 мм.

Рабочая частота дефектоскопа – 2,5 МГц. Время установки рабочего режима после включения питания – 0,5 с. Потребляемый ток – 30 мА. Время непрерывной работы дефектоскопа от девяти аккумуляторов Д – 0,06–1,5ч. Габариты – 94X58X18 мм, масса – 205г.

2. Принцип работы дефектоскопа

Принцип работы дефектоскопа основан на свойстве ультразвуковых колебаний (УК) отражаться от внутренних дефектов материала, проводящего эти колебания. Короткий радиоимпульс преобразуется пьезопластинами В1–В3 искателя (рис. 18) в импульс УК, которые через слой контактирующей жидкости распространяются в материале в виде расходящегося пучка поперечных волн. Ультразвуковые колебания, отраженные от дефекта, в свою очередь, воздействуют на пьезопластины В1–В3, возбуждая в них ЭДС, которая усиливается, преобразуется и подается на сигнализатор дефектов. Для устранения ложных сигналов (отражений от валика усиления шва и др.) наличие дефектов сигнализатором определяется только в объеме сплавления шва – «зоне контроля».

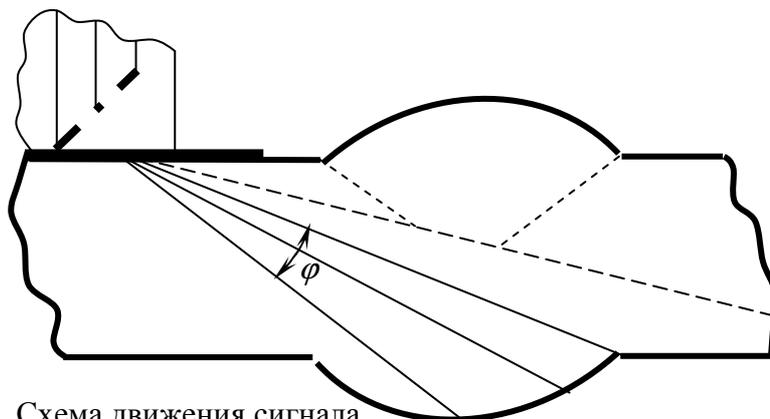


Рис.6 Схема движения сигнала

Дефектоскоп имеет два режима работы: «Поиск» и «Оценка». Ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости в режиме «Поиск» – $\delta_1 = 13^\circ$, а в режиме «Оценка» – $\delta_2 = 8,5^\circ$. Это позволяет сначала опреде-

лечь наличие дефекта, а затем его расположение. Угол ввода (δ_0) зависит от сварных материалов, для стали составляет 67° .

Лабораторная работа № 4

Ультразвуковой контроль качества сварных соединений

Цель лабораторной работы: контроль сварных соединений ультразвуковым методом

1. Рекомендации по подготовке к лабораторной работе с указанием литературы

1. Перед началом работы ознакомится с ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
2. Заводская инструкция ультразвукового дефектоскопа УД 2-140.

2. Теоретические сведения

Ультразвуковой метод контроля основан на способности высокочастотных колебаний проникать в металл шва и отражаться от поверхности дефекта, находящегося в сварном шве. Он используется для обнаружения внутренних дефектов для металла толщиной более 4мм. Для возбуждения ультразвуковых колебаний используются пьезоэлементы (пластинки кварца, титанатабария).

3. Описание рабочего места, оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Оборудование – ультразвуковой дефектоскоп УД 2-140, набор образцов с искусственными дефектами (СОПы). Набор сварных образцов, шлифовальная бумага, контактная жидкость, кисточка.

4. Техника безопасности

При применении дефектоскопического оборудования необходимо соблюдать требования инструкций по его эксплуатации.

1. В работе разрешается применять только исправное дефектоскопическое оборудование, полностью укомплектованное защитными устройст-

вами в соответствии с паспортом завода-изготовителя, паспортом завода-изготовителя.

2. Подключение дефектоскопического оборудования к источнику питания следует производить при помощи штепсельных соединений.

5. Порядок проведения

1. Провести визуальный и измерительный контроль сварного соединения.
2. Подготовить образец для контроля (зачистить, нанести масло).
3. Собрать контролируемую систему дефектоскоп-преобразователь ультразвуковой.
4. Настроить разверстку прибора по СОПу.
5. Настроить чувствительность прибора по СОПу.
6. Проконтролировать стыковой сварной шов УЗ-преобразователем.
7. Определить координаты и характер дефектов.

6. Отчет о работе

- Название и цель работы;
- Порядок проведения работы;
- Заключение контроля сварных соединений ультразвуковым методом.

Практическая работа № 9

Изучение устройства и работы ультразвукового дефектоскопа УД2-140

Цель практической работы: познакомиться с устройством, техническими характеристиками и работой ультразвукового дефектоскопа УД2-140.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

1. Перед началом работы ознакомится с ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
2. Заводская инструкция ультразвукового дефектоскопа УД 2-140.

2. Теоретические сведения

УД2-140 является дефектоскопом общего назначения и предназначен для:

- Обнаружения дефектов;
- Измерения координат дефектов;
- Измерения амплитуд сигналов от дефектов;
- Измерения скорости распространения продольных и поперечных УЗК в различных материалах;
- Накопления и сохранения результатов контроля с целью последующей их перезаписи в компьютер.

Диапазон толщин контролируемого материала (по стали) от 1 до 3000 мм. Дефектоскоп реализует эхо-метод, теневой и зеркально-теневой методы контроля.

Методы УЗК

Методы отражения: эхо-импульсный. Основан на регистрации эхо-сигнала, отраженного от дефекта, имеет наибольшую чувствительность к выявлению внутренних дефектов, высокую точность к выявлению координат дефектов. К недостаткам метода следует отнести низкую помехоустойчивость к наружным отражателям, резкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта. Этим методом контролируют более 95% всех сварных соединений толщиной 4 мм и более.

Эхо-зеркальный. Наиболее достоверен при обнаружении плоскостных вертикально ориентированных дефектов. Одно из преимуществ метода – возможность оценки формы дефектов размером 3 мм и более. Метод нашел широкое применение при контроле толстостенных изделий.

Методы прохождения: теневой. Можно применять только при двустороннем доступе к изделию, контролировать сварные швы ограниченного сечения небольшой толщины. Этим методом уверенно обнаруживаются наклонные дефекты. Не дающие прямого отражения при эхо-методе.

Зеркально-теневой. Признаком обнаружения дефекта служит ослабление амплитуды сигнала, отраженного от противоположной поверхности изделия. Преимущество метода – более уверенное обнаружение дефектов, расположенных в корне шва.

Оценка результатов контроля. Основные измеряемые характеристики выявленного дефекта:

- координаты дефекта;
- условные размеры дефекта;
- условное расстояние между дефектами;
- количество дефектов на определенной длине;
- эквивалентная площадь дефекта $S_э$ или амплитуда U_A эхо-сигнала от дефекта с учетом измеренного расстояния до него.

3. Описание рабочего места, оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Оборудование – ультразвуковой дефектоскоп УД 2-140, набор образцов с искусственными дефектами (СОПы). Набор сварных образцов, шлифовальная бумага, контактная жидкость, кисточка.

4. Техника безопасности

При применении дефектоскопического оборудования необходимо соблюдать требования инструкций по его эксплуатации.

1. В работе разрешается применять только исправное дефектоскопическое оборудование, полностью укомплектованное защитными устройствами в соответствии с паспортом завода-изготовителя, паспортом завода-изготовителя.

2. Подключение дефектоскопического оборудования к источнику питания следует производить при помощи штепсельных соединений.

5. Порядок выполнения

1. Изучить методические рекомендации к выполнению данной практической работы.

2. Просмотреть учебный фильм о правилах работы и эксплуатации дефектоскопа УД2-140:

- ознакомится с назначением кнопок управления прибора;
- осуществить пробное включение прибора.

6. Отчет о работе

- Название и цель работы;
- Ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

1. Перечислите особенности распространения ультразвуковых волн в твердых телах.
2. Назовите основные элементы конструкции ультразвукового дефектоскопа.
3. Как производится оценка дефекта по измеряемым характеристикам?
4. Чем отличаются методы УЗД (эхо-импульсный, теневой, зеркально-теневой) ?

Практическая работа №10

Изучение устройства и технических характеристик ультразвукового толщиномера

Цель практической работы: познакомиться с устройством и работой толщиномера ультразвукового. Измерить толщину изделий.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

Перед началом работы ознакомится с:

1. ГОСТ 28702-90. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования.
2. Заводская инструкция ультразвукового толщиномера А 1209.

2. Теоретические сведения

Ультразвуковой толщиномер А1209 предназначен для измерений толщины стенок труб (включая изгибы), котлов, баллонов, сосудов, работающих под давлением, обшивок и других изделий из черных и цветных металлов, с гладкими или грубыми и корродированными поверхностями, а также изделий из пластмасс и других материалов с высоким затуханием ультразвука при одностороннем доступе к поверхности этих изделий.

Предварительная подготовка поверхности и использование контактной смазки, которой могут служить различные масла, вода, гель, глицерин, специальные контактные жидкости и гели для ультразвукового контроля, обязательна.

Диапазон измерений толщины (по стали) от 0,7-300,0 мм

Принцип действия эхо-импульсного толщиномера А 1209 состоит в измерении времени двойного прохода уз колебаний через изделие от одной поверхности до другой, которое пересчитывается в значение толщины изделия.

Для излучения УЗ импульсов в изделии и приема их отражений используется УЗ преобразователь, который устанавливается на поверхность изделия в том месте, где необходимо измерить толщину. Толщина изделия определяется непосредственно под местом установки преобразователя.

Подготовка прибора к использованию. Поверхность изделия необходимо очистить. Подключить нужный преобразователь, соблюдая маркировку. **Перед началом эксплуатации прибора и при смене преобразователя необходимо провести процедуру настройки и адаптации прибора к индивидуальным параметрам используемого ПЕП.**

Проверка работоспособности прибора. Пользуются встроенным в прибор юстировочным образцом. Его толщина составляет 5 мм, а скорость уз волн – 5750 м/с.

Следует установить в приборе скорость 5750 м/с, смазать образец контактной жидкостью и установит УЗ преобразователь на образец. При нормальной работоспособности результат измерения толщины будет равен 5 мм с учетом погрешности измерений.

3. Описание рабочего места, оборудования

Оборудование – ультразвуковой толщиномер А1209, преобразователь, контактная жидкость, образцы для измерений.

4. Техника безопасности

При применении дефектоскопического оборудования необходимо со-

блюдать требования инструкций по его эксплуатации.

1. В работе разрешается применять только исправное дефектоскопическое оборудование, полностью укомплектованное защитными устройствами в соответствии с паспортом завода-изготовителя, паспортом завода-изготовителя.

2. Подключение дефектоскопического оборудования к источнику питания следует производить при помощи штепсельных соединений.

5. Порядок выполнения

Изучить методические рекомендации к выполнению данной практической работе.

Изучить с преподавателем режимы настроек.

Выбрать необходимый преобразователь.

Провести измерение образца:

- перед измерением толщины выбрать преобразователь из базы, провести адаптацию прибора и подобрать материал. От точности настройки скорости зависит точность результата. Для проведения измерения можно воспользоваться справочной таблицей скоростей УЗ волн в различных материалах. Следует помнить, что чем больше толщина образца и чем лучше качество его поверхности, тем с большей точностью можно настроить прибор на скорость УЗ в нем.
- измерение плоских изделий требуют лишь аккуратного прижима УЗ преобразователя к поверхности и выдержки в течение 1-2 секунд.
- при толщине плоских изделий более 20 мм рекомендуется обеспечивать прижим преобразователя к поверхности.
- при измерении толщины стенок труб желательно выбрать густую смазку (вазелин или литол).
- во всех случаях после появления на индикаторе показаний следует подождать 1-2 секунды для оценки их стабильности. После чего, не отрывая преобразователь от поверхности, считать результат измерения с экрана.

6. Отчет о работе

- Название и цель работы;
- Заполнить таблицу проведенных измерений.

№ образца	Материал	Скорость, м/с	Толщина, мм
-----------	----------	---------------	-------------

- Ответить на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия ультразвукового толщиномера?
2. Назовите основные элементы конструкции ультразвукового толщиномера.
3. Как производится проверка работоспособности толщиномера?
4. Какие контактные жидкости применяют при контроле?

Магнитопорошковая дефектоскопия

Магнитный вид неразрушающего контроля применяют в основном для контроля изделий из ферромагнитных материалов, т.е. из материалов, которые способны существенно изменять свои магнитные характеристики под воздействием внешнего (намагничивающего) магнитного поля. Операция намагничивания (помещения изделия в магнитное поле) при этом виде контроля является обязательной. Съём информации может быть осуществлен с полного сечения образца (изделия) либо с его поверхности. В зависимости от конкретных задач НК, марки контролируемого материала, требуемой производительности метода могут использоваться те или иные первичные информативные параметры. К числу наиболее распространенных относятся следующие информативные параметры: коэрцитивная сила, намагничённость, индукция (остаточная индукция), магнитная проницаемость, напряжённость, эффект Баркгаузена.

По способу получения первичной информации различают следующие методы магнитного вида контроля: магнитопорошковый (МП), магнитографический (МГ), феррозондовый (ФЗ), эффекта Холла (ЭХ), индукционный

(И), пондеромоторный (ПМ), магниторезисторный (МР). С их помощью можно осуществить контроль: сплошности (методами дефектоскопии) (МП, МГ, ФЗ, ЭХ, И); размеров (ФЗ, ЭХ, И, ПМ); структуры и механических свойств (ФЗ, ЭХ, И).

Из перечисленных методов только магнитопорошковый требует обязательного участия в контрольных операциях человека; остальные методы позволяют получать первичную информацию в виде электрических сигналов, что делает возможным полную автоматизацию процессов контроля. Методы МП и МГ обнаружения несплошностей являются контактными, т.е. требуют соприкосновения преобразователя (магнитный порошок или магнитная лента) с поверхностью изделия; при остальных методах контроля съем информации осуществляется бесконтактно (хотя и на достаточно близких расстояниях от поверхности).

С помощью магнитных методов могут быть выявлены закалочные и шлифовочные трещины, волосовины, закаты, усталостные трещины и другие поверхностные дефекты шириной раскрытия несколько микрометров. Такие методы, как ФЗ, ЭХ, И, МГ, можно использовать на грубых поверхностях, при этом минимальная глубина выявляемых дефектов составляет трехкратную высоту шероховатостей поверхности. В связи с необходимостью сканировать поверхность изделия методы ФЗ, ЭХ, И особенно удобно применять для контроля цилиндрических изделий. Метод МГ успешно применяют для контроля сварных швов. Из геометрических параметров с помощью магнитных методов наиболее часто определяют толщину немагнитных покрытий на магнитной основе, толщину стенок изделий из магнитных и немагнитных материалов.

Контроль структуры и механических свойств изделий осуществляют путем установления корреляционных связей между контролируемым параметром (температурой закалки и отпуска, твердостью и т.д.) и какой-либо магнитной характеристикой (или несколькими). Успешно контролируется

состояние поверхностных слоев (качество поверхностной закалки, азотирования и т.д.), а также наличие α -фазы.

Виды магнитопорошковых дефектоскопов

Магнитопорошковый дефектоскоп – устройство для выявления нарушений сплошности в изделиях с использованием в качестве индикатора магнитных порошков (магнитолюминесцентных, магниторадиоактивных и др.).

Основные узлы дефектоскопа следующие: источники тока, устройства для подвода тока к детали, устройства для полюсного намагничивания (соленоиды, электромагниты), устройства для нанесения на контролируемую деталь магнитной суспензии (или сухого порошка), осветительные устройства, измерители тока (или напряженности магнитного поля).

В зависимости от назначения в дефектоскопах могут быть не все из перечисленных узлов, но могут быть и дополнительные узлы (например, узлы для автоматического перемещения детали и механической разбраковки, дефектоотметчики и т.п.).

В дефектоскопах наиболее широкое распространение получили циркулярное намагничивание пропусканием переменного тока по детали (или через стержень, помещенный в отверстие детали) и продольное намагничивание постоянным (выпрямленным) током. В дефектоскопах используют также импульсные конденсаторные источники тока. В специализированных дефектоскопах (реже в универсальных) широко применяют индукционный способ намагничивания.

Многие магнитопорошковые дефектоскопы имеют трансформаторный выход. Его недостаток связан с образованием отрицательного выброса тока (при создании в детали остаточной намагниченности), который частично или полностью может размагнитить деталь. Поэтому при контроле способом остаточной намагниченности необходимо принимать меры к исключению отрицательных выбросов тока. Это достигается установкой диодов во вторичной цепи выходного трансформатора, а также приме-

нением специальных способов намагничивания, например двумя последовательными импульсами одной полярности и следующим за ними одним импульсом тока противоположной полярности.

Для магнитопорошкового контроля в основном применяют дефектоскопы трех видов:

- стационарные универсальные;
- передвижные и переносные универсальные;
- специализированные (стационарные, передвижные, переносные).

Стационарные универсальные дефектоскопы получили широкое распространение на предприятиях крупносерийного (или мелкосерийного) производства разнотипных деталей. Такими дефектоскопами можно контролировать детали различной конфигурации с производительностью от десятков до многих сотен деталей в час. Скорость контроля значительно возрастает при использовании люминесцентного магнитного способа. С помощью стационарных универсальных дефектоскопов можно производить намагничивание всеми известными способами (циркулярное, полюсное, комбинированное), контроль в приложенном поле и способом остаточной намагниченности.

Такие дефектоскопы отличаются родом намагничивающих токов, мощностью и размерами контролируемых деталей. Длина деталей определяется возможностью раздвижения контактных устройств (**бабок**), поперечные размеры зависят от мощности дефектоскопа и максимальной силы тока.

В первом приближении можно считать, что максимальный диаметр контролируемой детали таков, что при максимальной силе тока дефектоскопа на поверхности деталь напряженность магнитного поля достигает 80 А/см. Типичный вид составляющих магнитного поля рассеяния поверхностного дефекта (H_x и H_y) и их производных показан на рисунке 6.

Это не означает, что в отдельных случаях нельзя контролировать детали большего диаметра, например, когда магнитные характеристики материала детали позволяют достичь наивысшей чувствительности контроля при меньшей напряженности намагничивающего поля. Известны десятки типов универсальных стационарных дефектоскопов.

Широкое распространение получили переносные и передвижные (менее мощные) дефектоскопы. Как правило, они представляют собой источники переменного, постоянного (однополупериодно-выпрямленного) и реже – импульсного тока. Иногда один дефектоскоп позволяет работать с двумя видами тока.

Передвижные и переносные универсальные дефектоскопы предназначены для намагничивания и контроля деталей в условиях, когда невозможно применять стационарные дефектоскопы, например при намагничивании крупногабаритных деталей по частям, в случае работы в полевых условиях и т.п. Как правило, такие дефектоскопы снабжают комплектом деталей для контроля (сухие порошки и устройства для их напыления, сосуды с суспензией и т.п.).

Переносные и передвижные универсальные дефектоскопы позволяют производить циркулярное намагничивание с помощью токовых контактов, помещаемых на участке детали, продольное намагничивание с помощью кабеля, навиваемого на деталь, или иногда с помощью электромагнита. Следует отметить переносные намагничивающие устройства на постоянных магнитах с гибким магнитопроводом (типа УН-5) и комплекты для магнитолюминесцентного контроля, включающие ультрафиолетовый портативный облучатель с автономным питанием, намагничивающее устройство на постоянных магнитах, магнитные порошки в аэрозольных упаковках и контрольный образец-имитатор. Автономность питания позволяет их применять в полевых условиях при обследовании объектов, подведомственных Госгортехнадзору, где запрещено использование сетевого питания правилами безопасной эксплуатации.

Известны разнообразные переносные намагничивающие устройства на переменном токе:

- для полюсного намагничивания с помощью двух электромагнитов переменного тока;
- универсальное для полюсного намагничивания с помощью электромагнита переменного тока с настраиваемыми пластинами полюсов;
- универсальное с автономным питанием для полюсного намагничивания с помощью электромагнита переменного тока повышенной частоты (имеется преобразователь) с настраиваемыми пластинами полюсов;
- универсальное для полюсного намагничивания с помощью электромагнита переменного тока с поворотными и съемными полюсами, снабженными настраиваемыми пластинами;
- для полюсного намагничивания с помощью кольцевого электромагнита переменного тока;
- самоходное для полюсного намагничивания с помощью кольцевого электромагнита переменного тока.

Для перемещения используются два электропривода на магнитных колесах. Регистрация порошковых осадений производится миниатюрной телекамерой. Такие намагничивающие устройства применяются для магнитопорошкового контроля толстостенных и крупногабаритных объектов, обеспечивают режим магнитного насыщения в поверхностном слое изделий при контроле по участкам.

Получили значительное распространение специализированные полуавтоматы для намагничивания деталей с последующим их контролем способом остаточной намагниченности.

Дефектоскоп импульсный роликовый является электромагнитным прибором, используется в контрольных операциях в цеховых и лабораторных условиях работы.

Прибор предназначен для импульсного намагничивания в открытой магнитной цепи соленоида относительно коротких массивных изделий с малой проницаемостью формы.

Принцип действия прибора основан на использовании явления «аномальной» намагниченности тел, возникающего в ферромагнитных проводящих изделиях (имеющих малую проницаемость формы) при быстром спаде намагничивающего поля.

Сущность этого явления состоит в том, что вихревые токи каждого изделия при наличии большого размагничивающего поля при спаде намагничивающего поля задерживают не в одинаковой мере процесс убывания индукции в различных местах объема образцов, что в конечном счете приводит к образованию внутри изделий макроскопических вихреобразных замкнутых областей индукции, которые способствуют хорошему выявлению поверхностных дефектов.

Прибор обеспечивает одновременное выявление продольных и поперечных дефектов при одноразовом контроле их в ванне с магнитной суспензией. Необходимой принадлежностью магнитопорошковых дефектоскопов являются контрольные образцы с тонкими дефектами. Они помогают установить, что оборудование и материалы для контроля являются качественными, а технология контроля соблюдается достаточно точно.

Лабораторная работа № 5

Контроль качества сварных соединений магнитопорошковым методом

Цель лабораторной работы: контроль сварных соединений с помощью магнитопорошкового дефектоскопа.

1. Рекомендации по подготовке к лабораторной работе с указанием литературы

1. Перед началом работы ознакомится с ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.
2. Заводская инструкция магнитопорошкового дефектоскопа МД-М.

2. Теоретические сведения

2.1. Область применения

Магнитопорошковый (МпК) контроль является разновидностью магнитного вида контроля МК, основанного на фиксации изменений магнитных характеристик материала под воздействием внешнего магнитного поля.

Магнитный контроль выявляет поверхностные несплошности типа трещин, надрывов, закатов, раковин, несплавлений и т.п.

При значительной напряженности магнитного поля, высокой магнитной проницаемости материала и т.п., при МК могут быть выявлены подповерхностные несплошности на глубине до 4-5 мм.

При магнитопорошковом (МпК) контроле фиксация нарушений магнитного потока (выявления полей рассеивания) над несплошностью, осуществляется с помощью мелких ферромагнитных частиц (магнитным порошком).

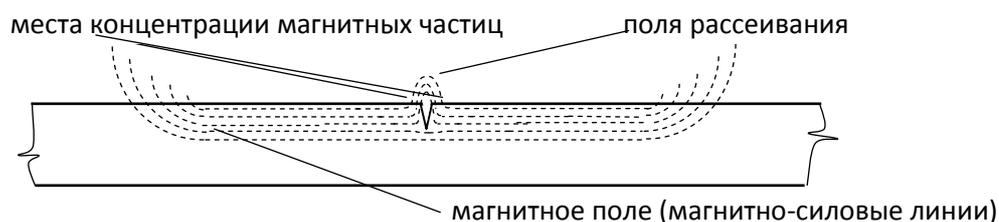


Рис. 7. Схема метода

Оценка магнитного поля может производиться на аттестованных контрольных образцах.

Контрольные образцы представляют собой пластину из ферромагнитного материала, в которой искусственным способом изготовлены трещины.

2.2. Материалы для магнитопорошкового контроля

а) При МпК используются сухие порошки и суспензии. Основой порошков и суспензий являются мелкие ферромагнитные частицы.

б) Для улучшения контрастности к ферромагнитной основе порошка могут добавляться различные красители, в том числе люминесцентные.

в) Суспензии представляют собой взвеси порошка в жидкостях, на основе керосина или в воды с добавлением различных эмульгаторов.

Выпускаются так же готовые суспензии в аэрозольных упаковках.

2.3. Параметры магнитопорошкового контроля

Качество магнитопорошкового контроля зависит от магнитных характеристик материала изделия, обеспечения оптимального уровня намагниченности, выбора правильного направления поля намагничивания, применения качественных порошков и суспензий, чистоты обработки поверхности, уровня освещённости участка контроля

Все эти факторы объединяются единой характеристикой контроля – чувствительностью.

В магнитопорошковом контроле приняты три условных уровня чувствительности, выраженные предельными размерами выявляемых несплошностей

Таблица 1

условный уровень (класс) чувствительности	ширина выявленной несплошности, мкм	мин. протяженность несплошности, мм
А	2,5	свыше 0,5
Б	10,0	
В	25,0	

2.4. Подготовка к контролю

а) Подготовка контролируемой поверхности заключается в удаление изоляции и окалины, очистке от грязи и отложений. Для обеспечения необходимой подвижности магнитных частиц поверхность не должна иметь грубых и глубоких рисок и неровностей, шероховатость поверхности должна быть не хуже $R_z = 40$ мкм. При необходимости, поверхность должна обезжириваться.

б) Для создания контраста с темным порошком контролируемая поверхность зачищается до металлического блеска.

в) При МпК к освещенности контролируемого участка изделия предъявляются повышенные требования, поэтому обеспечение необходимого уровня освещения должно включаться в перечень подготовительных работ.

2.5. Выбор параметров и схем контроля

а) Основным параметром магнитопорошкового контроля является чувствительность.

б) В МпК применяют два способа намагничивания изделия: способ остаточной намагниченности (СОН) и способ приложенного поля (СПП).

При способе СОН нанесение фиксируемого вещества проводится после намагничивания ОК.

При способе СПП нанесение фиксируемого вещества (порошка или суспензии) проводится одновременно с процессом намагничивания объекта контроля ОК.

в) Для создания в изделии магнитного поля применяются три вида намагничивания (по форме магнитного потока):

I – *циркулярное намагничивание* – пропусканием тока по контролируемому участку изделия;

II – *продольное (полюсное) намагничивание* – прикладыванием внешнего поля постоянного или электромагнита;

III – *комбинированное намагничивание* – одновременно пропусканием тока и прикладыванием внешнего поля

Магнитные поля могут создаваться постоянным, переменным или импульсным током.

г) При способе СОН используется циркулярный вид намагничивания током большой силы (более 1000А).

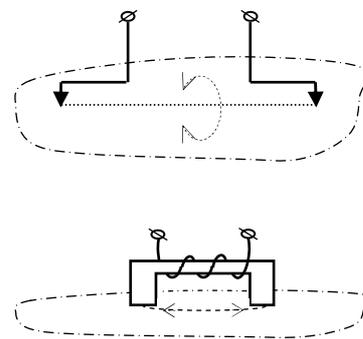


Рис. 8

2.6. Порядок проведения контроля

а) Магнитопорошковый контроль проводится по «технологическим картам» контроля (ТКК). Карты контроля должны соответствовать требованиям НТД, распространяющимся на данный объект контроля.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую основную информацию:

- описание ОК (конструкция, материал, типоразмер и т.п.);
- регламентируемый способ и вид намагничивания (СОН или СПП, циркулярный или продольный);
- способ фиксации (тип, марка применяемого вещества: порошка или суспензии);
- схемы намагничивания (с эскизами);
- рекомендации об особенностях контроля;
- требования к освещенности ОК (уровень освещенности, необходимость применения ультрафиолетовых облучателей);
- оценка результатов контроля (нормы допустимости).

2.7. Методики магнитопорошкового контроля

а) Магнитопорошковому контролю может быть подвергнуто любой участок изделия или детали из ферромагнитного материала, подготовленного соответствующим образом,

б) Основная задача перед проведением контроля заключается в определении мест возможного расположения несплошностей, их конфигурации и направления.

в) В качестве примера приведены несколько вариантов схем контроля.

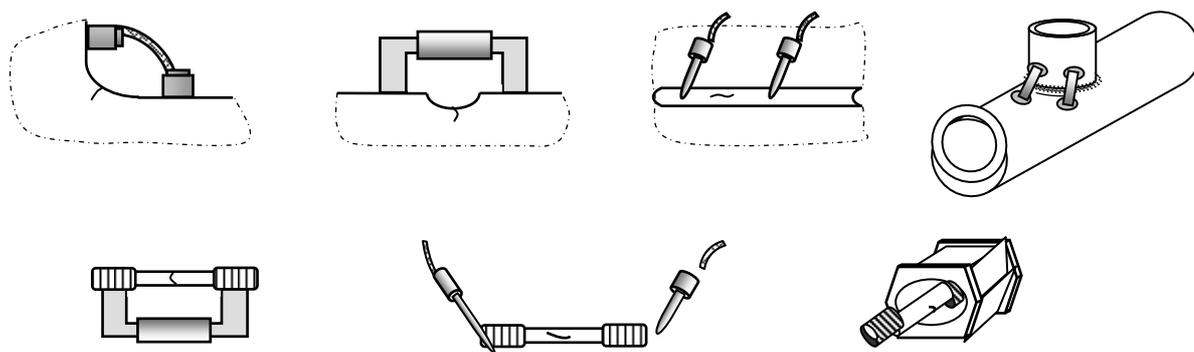


Рис. 9

2.8. Осмотр и расшифровка результатов контроля

а) При осмотре участка контроля следует обеспечить его достаточную освещенность, не ниже 500 лк.

б) Выявленная несплошность фиксируется на поверхности ОК валиком порошка, независимо от вида и способа контроля.

в) Определение размеров несплошности и оценка её допустимости производится только по результатам визуального контроля с применением оптических приборов и мерительных инструментов

г) Нормы допустимости несплошностей соответствуют нормам визуального контроля (ВИК) и приводятся в соответствующей НТД.

д) При МпК весьма вероятна ложная оценка изделия. Имитируя несплошность, валик порошка может образовываться:

- скапливаясь на неровностях поверхности, на глубоких рисках, на остатках окалины, на элементах конструкции (например резьбе, канавках) и т.п.

3. Описание рабочего места, оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Оборудование – дефектоскоп магнитопорошковый переносной модульный МД-М, набор образцов с искусственными дефектами (СОПы). Набор сварных образцов, шлифовальная бумага, магнитная суспензия.

4. Техника безопасности

При применении дефектоскопического оборудования необходимо соблюдать требования инструкций по его эксплуатации.

1. В работе разрешается применять только исправное дефектоскопическое оборудование, полностью укомплектованное защитными устройствами в соответствии с паспортом завода-изготовителя, паспортом завода-изготовителя.
2. При работе с дефектоскопом запрещается прикасаться к незащищенным токоведущим частям, включая цанговые зажимы установленные на модуле, независимо от величины напряжения на них.
3. В процессе намагничивания или размагничивания деталей запрещается работать кнопками выбора пунктов меню, кнопками выбора режимов намагничивания и размагничивания, а также присоединять или отсоединять намагничивающие устройства от пультов управления модулей дефектоскопов.
4. Для защиты кожи рук должны применяться перчатки резиновые технические.

5. Порядок проведения

Для проведения контроля:

1. Установить один из модулей дефектоскопа на рабочем месте.
2. Подготовить необходимые для работы намагничивающие устройства, соединительные кабели, подключить их к определенному модулю.
3. Порядок опробования дефектоскопа перед проведением магнитопорошкового контроля техники осуществляется путем намагничивания, полива магнитной суспензией и осмотра стандартного образца с дефектом в материале.
4. Выбрать схемы контроля и произвести контроль стыкового шва пластины, имеющего трещины или непровар, контроль кольцевого шва трубы.
5. В позиции меню «**Амплитуда тока**» установить требуемое значение тока намагничивание и нажать кнопку «**Пуск**».

6. Провести намагничивание изделия при выбранной установке пункта меню. Это может быть: «**Приложенное поле**», «**Остаточная намагниченность**», «**Импульс**», «**Ток-Пауза**», «**Непрерывный ток**», «**Намагничивание**». Нажать кнопку «**Пуск**», по намагничивающим устройствам пойдет ток заданной величины.

7. Провести обработку изделия магнитной суспензией и осмотр на наличие дефектов.

8. Провести размагничивание изделия, для чего:
установить пункт меню «**Размагничивание**»;
установить время автоматического размагничивания;
провести размагничивание изделия, нажав на кнопку «**Пуск**».

9. Составить отчет о работе.

6. Отчет о работе

Отчет должен содержать: название работы, цель, техническую характеристику дефектоскопа, краткое описание методики контроля, схему намагничивания. Заполненный отчет. Приложение 1.

7. Контрольные вопросы

1. На чем основано выявление дефектов при магнитных и электромагнитных методах контроля?
2. От каких параметров зависит чувствительность магнитопорошкового контроля?
3. Какие виды тока применяют при намагничивании объектов?
4. Предусмотрено ли ГОСТом наличие дефектограмм с видами индикаторных рисунков характерных дефектов?

Практическая работа №11

Схемы способов намагничивания

Цель практической работы: изучить схемы различных способов намагничивания для магнитопорошкового метода контроля ферромагнитных материалов

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

Перед началом работы ознакомится с:

1. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

Источник:

http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_2110587_Kontrol_nerazrush.html

2. Теоретические сведения

Чувствительность магнитопорошкового метода определяется магнитными характеристиками материала объекта контроля, его формой, размерами и шероховатостью поверхности, напряженностью намагничивающего поля, местоположением и ориентацией дефектов, взаимным направлением намагничивающего поля и дефекта, свойствами дефектоскопического материала, способом его нанесения на объект контроля, а также способом и условиями регистрации индикаторного рисунка выявляемых дефектов.

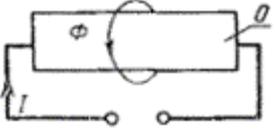
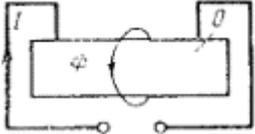
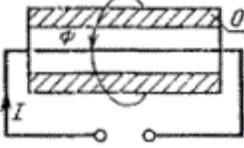
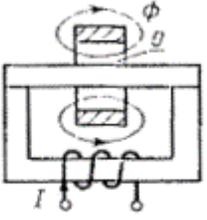
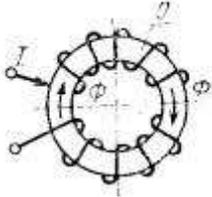
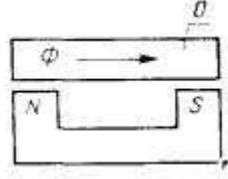
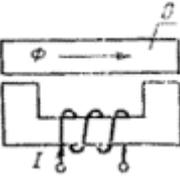
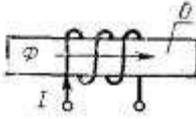
При магнитопорошковом контроле применяют намагничивание: циркулярное; продольное (полюсное); комбинированное; во вращающемся магнитном поле.

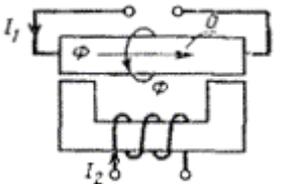
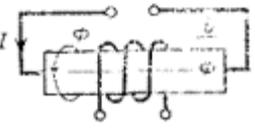
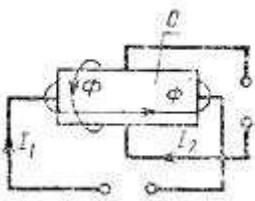
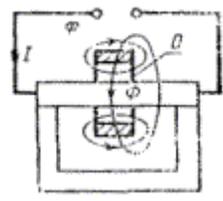
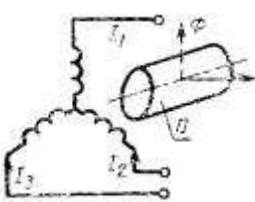
Виды, способы и схемы намагничивания приведены в таблице 1.

Вид и способ намагничивания выбирают в зависимости от размеров и формы объекта, материала и толщины покрытия, а также от характера и ориентации дефектов, подлежащих выявлению. При этом наилучшее условие выявления дефектов – перпендикулярное направление намагничивающего поля по отношению к направлению ожидаемых дефектов.

При необходимости выявления дефектов различной ориентации применяют намагничивание в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях, комбинированное намагничивание, а также намагничивание во вращающемся магнитном поле.

Таблица 1

Вид намагничивания	Способ намагничивания	Схема намагничивания
Циркулярное	Пропусканием тока по всему объекту	
	Пропусканием тока по части объекта	
	Пропусканием тока по проводнику, помещенному в сквозное отверстие в объекте	
	Путем индуцирования тока в объекте	
	Пропусканием тока по тороидальной обмотке	
Продольное (полюсное)	При помощи постоянного магнита	
	При помощи электромагнита	
	При помощи соленоида	
	Перемещением постоянного магнита по объекту	

Вид намагничивания	Способ намагничивания	Схема намагничивания
Комбинированное	Пропусканием тока по объекту и при помощи электромагнита	
	Пропусканием тока по объекту и при помощи соленоида	
	Пропусканием по объекту двух токов во взаимно перпендикулярных направлениях	
	Индукцированием тока в объекте и пропусканием тока по проводнику, помещенному в сквозное отверстие в объекте	
Во вращающемся магнитом поле	При помощи соленоида вращающегося магнитного поля	

Примечание. Обозначения: O – объект контроля; Φ – магнитный поток; I – электрический ток.

3. Порядок выполнения

1. Изучить методические рекомендации к выполнению данной практической работы.
2. Зарисовать схемы намагничивания.
3. Выбрать схемы намагничивания для заданных деталей.

4. Отчет о работе

- Название и цель работы;
- Обоснование выбора схем намагничивания заданных деталей;
- Ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. От чего зависит чувствительность магнитопорошкового контроля?
2. Какие схемы намагничивания применяют для выявления дефектов в разных направлениях?
3. Какие существуют разновидности магнитопорошкового контроля?

Практическая работа №12

Характеристика методов течеискания

Цель практической работы: составить сравнительную характеристику методов течеискания.

1. Рекомендации по подготовке к практической работе с указанием литературы

Перед началом работы ознакомится с:

- ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества

2. Теоретические сведения

Методы контроля течеисканием относятся к виду неразрушающего контроля качества изделий проникающими веществами наряду с капиллярным методом.

Течеискание является одним из распространенных и важных методов обнаружения сквозных дефектов в сосудах, замкнутых объемах, а также сварных швов. Так как для многих изделий понятие герметичности является основным эксплуатационным требованием, проверка оборудования на отсутствие течей – важный и ответственный процесс. Особо высокие требования предъявляются к изделиям, работающим в вакууме и под высоким давлением.

3. Порядок выполнения

1. Изучить методические рекомендации к выполнению данной практической работы.

2. Составить сравнительную характеристику методов течеискания в виде таблицы 1, используя учебник «Овчинников В.В. Контроль качества сварных соединений» и ГОСТ 3242-79.

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов течеискания

№ п/п	Методы течеискания	Пробное вещество	Индикация течи	Максимальная чувствительность

4. Отчет о работе

- Название и цель работы;
- Таблица 1.
- Ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

4. Какие методы определения герметичности имеют большую чувствительность?
5. Какие разновидности вакуумного метода определения герметичности?
6. От чего зависит выбор метода течеискания?

Цветная дефектоскопия

Основные операции при проведении испытания

Метод цветной дефектоскопии применяют для контроля сварных соединений из немагнитных материалов: коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, алюминия, латуни, титана и др., для которых неприменим магнитный метод контроля. Так как метод магнитной дефектоскопии сварных соединений более сложный, цветной контроль применяют и для проверки качества сварных соединений из ферромагнитных материалов.

Метод цветной дефектоскопии применяют для выявления межкристаллитной коррозии как на образцах из коррозионно-стойких сталей, так и на деталях действующей аппаратуры химических производств. В качестве инструмента

для проведения контроля методом цветной дефектоскопии применяют пенетрационный набор различных фирм-изготовителей. Рассмотрим на примере пенетранта компании SHERWIN.

Основные операции, производимые при проведении цветного капиллярного контроля:

- Очистка поверхности.
- Нанесение пенетранта.
- Удаление избытков пенетранта.
- Нанесение проявителя.
- Оценка результатов контроля.

Важные операции: удаление избытков Пенетранта и применение Проявителя.

Наибольшее влияние на качество контроля оказывают две операции: удаление избытков Пенетранта и нанесение Проявителя. В данной части описывается использование материалов для проведения цветного капиллярного контроля в специфических условиях: в режиме высоких и низких температур, методом течеискания, совместного применения цветного и флюоресцентного методов, а также при использовании аэрозольной упаковки и упаковки для нанесения материалов вручную.

Обнаружение мельчайших дефектов

Капиллярный метод пригоден для выявления несплошностей с поперечными размерами 0,1 - 500 мкм, в т.ч. сквозных, на поверхности черных и цветных металлов, сплавов, керамики, стекла и т.п. Межкристаллитная коррозия выявляется в виде мелкой сетки на белом фоне покрытия или сплошного покраснения покрытия на прокорродировавших участках металла. При наличии эталонных образцов с различной глубиной коррозии по степени покраснения можно приблизительно определить глубину коррозии. При значительной глубине межкристаллитной коррозии покраснение белого покрытия происходит уже через 1-2 мин.

По совокупности качеств: возможности выявления микроскопических дефектов на поверхности, недоступных другими методами, стоимости контроля единицы площади изделия, простоте, отсутствию сложной аппаратуры, портативности и мобильности – капиллярный метод превосходит все другие методы. Широко применяется для контроля целостности сварного шва. Дефекты проявляются в виде красных «следов» на белом фоне.

В результате проведения цветного контроля дефекты обнаруживаются в виде ярких четких красных линий на белом фоне. Сам же процесс обычно делят на 3 этапа. 1-ый этап состоит в нанесении жидкого красного Пенетранта, который проникает в поверхностные дефекты. 2-ой этап – удаление излишков Пенетранта с поверхности объекта контроля. 3-ий этап – нанесение Проявителя, содержащего белое пигментное вещество, способствующее «вытягиванию» Пенетранта из дефектов и одновременно служащее для повышения контрастности.

В проведении тестирования применяются три материала: Пенетрант (1-я Фаза), Очиститель (2-я Фаза), Проявитель (3-я Фаза). Наиболее часто используемой упаковкой являются удобные герметичные аэрозольные баллончики. При использовании такой упаковки отпадает необходимость в использовании кисти, нет угрозы разлива или перерасхода материала, упаковка удобна для хранения и применения. Цветной Пенетрант может быть нанесен на отдельные участки, нуждающиеся в контроле, например, на сварной шов. Пенетрант может быть удален сухой или смоченной очистителем салфеткой. Если Пенетрант водосмываемый, то излишки Пенетранта могут быть смыты с поверхности водой или салфеткой, смоченной в воде. Проявитель всегда наносится распылением.

Лабораторная работа № 6
Контроль качества сварных соединений методом
капиллярной дефектоскопии

Цель лабораторной работы: выявить дефекты типа несплошностей, выходящих на поверхность у сварных соединений (наплавленного и основного металла) из стали, титана, меди и алюминия и их сплавов.

1. Рекомендации по подготовке к лабораторной работе

1. Изучить цветной метод контроля сварных соединений. РДИ 38.18.019-95, ОСТ 26.5.99.
2. Перед контролем соединений изучить методические указания по выполнению лабораторной работы, пройти инструктаж по охране труда.

2. Теоретические сведения

2.1. Область применения

Капиллярный (КК) контроль является разновидностью контроля проникающими веществами (ПВК), основанного на свойстве смачивающихся жидкостей активно проникать в мелкие открытые полости (капилляры) на поверхности изделий.

Контроль проникающими веществами выявляет только поверхностные несплошности типа: трещин, в том числе сквозных, надрывов, закатов, небольших раковин, несплавлений, межкристаллитной коррозии и т.п.

На контролируруемую деталь наносят индикаторное вещество, которое под действием капиллярных сил проникает в несплошность. После последующего нанесения проявителя часть индикаторного вещества под действием сорбционных сил вытягивается проявителем и окрашивает его, что и является признаком несплошности (см. рис.10).

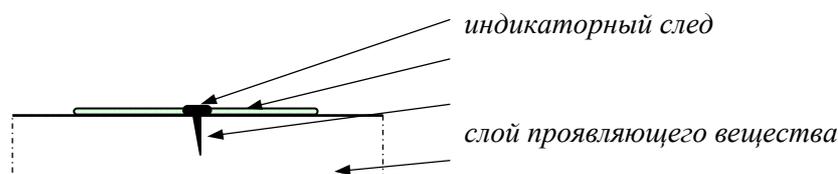


Рис. 10 Схема контроля

2.2. Аппаратура и материалы для капиллярного контроля

Материалы для контроля можно разделить на проникающие и проявляющие вещества и на очищающие вещества, включая обтирочный материал.

а) Проникающие вещества «пенетранты» состоят из одного или смеси веществ, обладающих высокой смачивающей способностью, и красителей или люминесцентных добавок.

б) Проявляющие вещества «проявители» состоят из сорбционного вещества и испаряемых (легколетучих) жидкостей.

в) Очищающие вещества являются растворителями жиров и «смывкой» для удаления пенетрантов.

Обтирочный материал должен хорошо впитывать остатки пенетранта и не оставлять после использования следов и ворсинок на контролируемой поверхности.

г) Соответствие и качество реактивов проверяется на аттестованных контрольных образцах.

Контрольные образцы представляют собой пластины из хромистой стали, в которых имеются поверхностные трещины.



Рис. 11 Схемы образцов

2.3. Параметры капиллярного контроля

а) Качество капиллярного контроля зависит от: чистоты подготовки поверхности изделия, использования качественных реактивов, четкого соблюдения технологии контроля, уровня освещённости участка контроля.

Все эти факторы объединяются единой характеристикой контроля – чувствительностью.

б) В капиллярном контроле приняты пять условных уровня чувствительности, выраженные предельными размерами выявляемых несплошностей.

Таблица 1

Условный класс (уровень) чувствительности	Ширина выявляемой несплошности, мкм
I	менее 1,0
II	от 1,0 до 10,0
III	от 10,0 до 100,0
IV	от 100,0 до 500,0
технологический	не нормируется

2.4. Подготовка к контролю

Подготовка контролируемой поверхности ОК заключается в удалении изоляции и окалины, очистки от грязи и отложений. Для удаления грубых и глубоких рисок и открытия полости несплошностей поверхность контролируемого участка обрабатывается механическим способом (зачищается). Шероховатость поверхности должна быть не ниже $R_z = 20$ мкм.

При механической обработке необходимо исключить возможность «затирки» устья несплошности и, при необходимости, проводить травление участка контроля.

Контролируемая поверхность обезжиривается, с неё (и полостей несплошностей) должны быть удалены жировые отложения. Использовать в качестве растворителя жидкости типа керосина запрещается.

Особые требования предъявляются к освещенности контролируемого изделия, поэтому обеспечение необходимого уровня освещения должно включаться в перечень подготовительных работ.

3. Описание рабочего места и оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Инструменты – комплект ВИК, ветошь, набор дефектоскопических материалов для контроля, контрольные образцы, образцы сварных соединений.

4. Техника безопасности

При выполнении лабораторной работы следует соблюдать правила пожарной безопасности.

Работы по контролю цветным методом проводить в спец.одежде, резиновых перчатках.

Руки, после проведения контроля, следует немедленно вымыть с мылом.

5. Порядок проведения работы

Процесс контроля включает следующие последовательные операции.

5.1. Производят проверку качества и соответствия пенетранта и проявителя на контрольных образцах.

5.2. Проводят окончательную очистку участка непосредственно перед контролем.

При этом с поверхности удаляется пыль, жировые следы, влажный конденсат и очищаются полости несплошностей. Очистку проводят безворсовым материалом (тканью) смоченным в очистителе, либо на поверхность наносят очиститель и протирают её безворсовой тканью.

5.3. Наносят индикаторный пенетрант.

Пенетрант наносится на контролируемую поверхность обильным слоем с помощью аэрозольного баллона, кисти, малярного валика, распылителя и т.п. (рис. 12).

Время выдержки пенетранта должно гарантировать его проникновение в полость несплошности. Время выдержки зависит от марки применяемого пенетранта и указано в его документации, но не должно быть менее 5 минут.

При этом необходимо исключить высыхание пенетранта за время выдержки, т. е. освежать (наносить) его несколько раз.

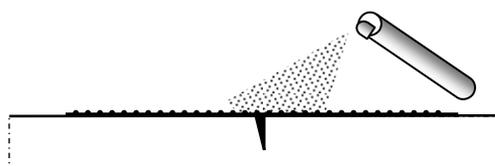


Рис. 12

5.4. Удаляют пенетрант с контролируемой поверхности.

Пенетрант удаляется с помощью безворсового материала (ткани) смоченной в очистителе, либо распылением очистителя с последующей протиркой (рис. 13).

Время удаления должно быть минимальным, так как возможно одновременное удаление пенетранта из полостей несплошностей или его засыхание.

От качества удаления пенетранта зависит эффективность контроля. Остатки пенетранта на поверхности могут привести к ложной оценки (перебраковки), а вымывание его из несплошностей к их пропуску (недобраковки).

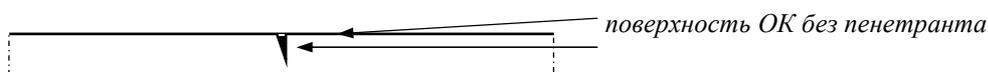


Рис. 13

5.5. Наносят проявитель.

Проявитель наносится на контролируемую поверхность из аэрозольного баллона, распылителем или мягкой кистью.

Проявитель наносится тонким слоем, преимущественно за один проход. Подтеки и наплывы не допускаются (рис.14).

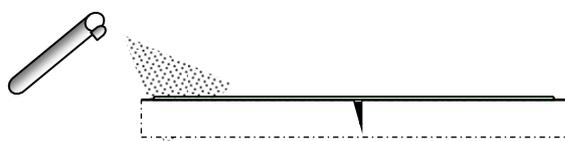


Рис. 14

Сушка проявителя должна происходить естественным путем, допускается легкий обдув теплым воздухом (до $+40^{\circ}$).

5.6. Осмотр и расшифровка результатов контроля.

а) Для проведения качественного осмотра результатов контроля следует обеспечить необходимую освещенность контролируемого участка. При цветном капиллярном контроле используются лампы накаливания или люминесцентные лампы, освещенность должна быть не ниже 500 лк. При люминесцентном контроле должны использоваться сертифицированные ультрафиолетовые облучатели, а само изделие необходимо затемнить.

б) Проявитель, обладая сорбционными свойствами, вытягивает пенетрант, насыщаясь им. На светлом (белом) слое проявителя появляется яркий (розовый или люминесцентный) след.

в) Осмотр контролируемого участка рекомендуется проводить в два приема:

- предварительный, через 3 – 5 минут, отмечая начальное появление индикаторных следов и наблюдая объемный и протяженный характер имеет несплошность;

- окончательный (заключительный), через 15 – 20 минут после высыхания проявителя.

г) Выявленная несплошность дает на поверхности проявителя индикаторный след в виде контрастного пятна. Чем больше пенетранта попало в полость несплошности и тем дольше (до полного высыхания) длится проявление, тем заметнее (крупнее и расплывчатей) индикаторный след.

Размеры индикаторного следа отражают размер несплошности, но не соответствуют ей по величине и форме

6. Отчет по лабораторной работе

Должен содержать: название, цель работы, оборудование и принадлежности, методику контроля, заполненное заключение по контролю (Приложение 1).

Таблица 2

Нормы поверхностных дефектов для сварных соединений и
основного металла

Вид дефекта	Класс дефектности	Толщина материала, мм	Максимально допустимый линейный размер индикаторного следа дефекта, мм	Максимально допустимое количество дефектов на стандартном участке поверхности
Трещины всех видов и направлений	1 - 4	Независимо	Не допускаются	-
Отдельные поры и включения, выявившиеся в виде пятен округлой или удлиненной формы	1	Независимо	Не допускаются	-
	Св. 30	Не более 3	5	
	3	До 30	0,2S, но не более 3	5
			или не более 5	3
		Св. 30	Не более 3	8
			или не более 5	5
	4	До 30	0,2S, но не более 3	8
			или не более 5	5
		Св. 30	Не более 3	10
			или не более 5	6
			или не более 9	3

7. Контрольные вопросы

1. Виды дефектов, определяемые капиллярным контролем.
2. Как называются вещества, применяемые для КК и в какой последовательности они используются?
3. В чем заключается подготовка поверхности к контролю?
4. Порядок проведения контроля.

Лабораторная работа № 7

Контроль герметичности сварных соединений «керосиновой пробой»

Цель лабораторной работы: провести контроль герметичности сварных соединений «керосиновой пробой»

Продолжительность: аудиторная работа – 2 часа.

1. Рекомендации по подготовке к лабораторной работе с указанием литературы

1. Перед испытаниями образцов изучить методические указания по выполнению лабораторной работы, пройти инструктаж по охране труда.

2. Теоретические сведения

Герметичность – это способность сварного соединения сохранять в рабочих условиях начальное количество содержащегося в изделии вещества. Наиболее распространенная причина потери герметичности сварных соединений – сквозные дефекты. Они обычно имеют вид поровых каналов, трещин, непроваров и других пороков.

Испытания швов керосином подвергают открытые сосуды: резервуары, цистерны и другие изделия. Способ основан на высокой проникающей способности керосина.

Для обнаружения неплотностей швов их покрывают меловой краской со стороны, доступной для осмотра (и устранения дефектов). Затем шов с другой стороны смачивают керосином и выдерживают необходимое по расчету время (15-60 мин). Обнаруживают несплошности минимальным диаметром порядка $(15-20) \times 10^{-5}$ мм.

Дефекты выявляются на окрашенной мелом стороне в виде ржавых полос и пятен. Следует избегать смачивания изделий водой, так как из-за полярности ее молекул уменьшается выявляемость дефектов. Изделие перед контролем следует высушить.

3. Описание рабочего места и оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Инструменты – образцы сварных соединений, меловая краска, керосин, ветошь для обтирки.

4. Техника безопасности

Ознакомится с инструкцией № 01-10 по охране труда при проведении занятий в учебных кабинетах, учебно-производственных мастерских, лабораториях.

5. Порядок проведения

- Подготовить образец для испытания (зачистить от шлака и брызг металла)
- Выполнить визуальный контроль. Определить наружные дефекты.
- Перед контролем изделие следует высушить.
- С одной стороны шва нанести меловую краску, с противоположной стороны шва нанести керосин и оставить на 15 минут.
- Провести визуальный осмотр сварного соединения и сделать выводы о качестве.

6. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать название работы, цель, оборудование и принадлежности, краткое описание хода работы, чертеж сварного соединения с нанесенными дефектами, описание дефектов.
2. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы

1. Какова причина появления дефектов в сварочных швах?
2. Особенности проведения контроля «керосиновой пробой».
3. Какие дефекты можно выявить с помощью данного метода, на каких объектах он применяется?

Лабораторная работа № 8
Контроль герметичности сварных соединений
гидравлическим методом

Цель лабораторной работы: провести контроль герметичности сварных соединений гидравлическими методами

1. Рекомендации по подготовке к лабораторной работе с указанием литературы

1. Перед испытаниями образцов изучить методические указания по выполнению лабораторной работы, пройти инструктаж по охране труда.

2. Теоретические сведения

Герметичность – это способность сварного соединения сохранять в рабочих условиях начальное количество содержащегося в изделии вещества. Наиболее распространенная причина потери герметичности сварных соединений – сквозные дефекты. Они обычно имеют вид поровых каналов, трещин, непроваров и других сквозных дефектов.

Гидравлические испытания регламентируются ГОСТ 3242-79, который предусматривает осуществление их тремя способами: гидравлическим давлением, наливом воды и поливом водой. Способ испытаний, время выдержки, величина необходимого давления и допустимые утечки устанавливаются ТУ на данное изделие.

Испытания проводят с полным или частичным заливом водой, с полным заливом и дополнительным давлением от напорной трубки, с полным заливом и созданием давления до 1,5 от рабочего. Изделие выдерживают требуемое время, затем обстукивают молотком и осматривают. Течи выявляются в виде капель жидкости или «отпотевания» поверхности.

Открытые сосуды и корпуса можно испытывать, обливая их струей воды из брандспойта с достаточным давлением. При этом обнаруживаются неплотности диаметром около 10^{-3} мм. Для повышения чувствительности контроля, используют водные растворы, обладающие повышенной проникающей

способностью, а так же растворы с радиоактивными добавками, которые позволяют выявить мелкие течи.

3. Описание рабочего места и оборудования

Место проведения работы – Лаборатория испытания материалов и контроля качества сварных соединений.

Инструменты – компрессор на 3-4 атм., образцы сварных деталей (типа стакана, емкости, плоской конструкции), вода, ветошь для обтирки, молоток с круглым бойком.

4. Техника безопасности

Ознакомится с инструкцией № 01-10 по охране труда при проведении занятий в учебных кабинетах, учебно-производственных мастерских, лабораториях.

5. Порядок проведения

1. Подготовить сварные детали для испытания.
2. Выполнить визуальный контроль сварных соединений. Определить наружные дефекты.
3. Выполнить гидравлическое испытание «наливом воды»
 - 3.1. Наполнить сварной стакан водой и оставить на 10-15 минут.
 - 3.2. Осторожно обстучать молотком.
 - 3.3. Провести визуальный осмотр и сделать выводы о наличии течи.
4. Выполнить гидравлическое испытание поливом воды
 - 4.1. С одной стороны, сварное соединение поливать струей воды из брандспойта (давление 0,1-1 МПа). Одновременно с другой производить осмотр с целью выявления течей. Вертикальные соединения поливать в наплавлении снизу вверх.

6. Отчет о работе

1. Отчет должен содержать название работы, цель, оборудование и принадлежности, краткое описание хода работы, результаты визуального контроля сварных деталей, эскизы сварных соединений с нанесенными дефектами, описание дефектов.

2. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы

1. Что называется герметичностью?
2. Какие существуют методы течеискания?
3. Чем обуславливается выбор метода течеискания для определенной сварной конструкции?
4. Какие существуют разновидности гидравлических испытаний?

Литература

1. ГОСТ 9466-75 . Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия.
2. Овчинников В.В.Контроль качества сварных соединений: учебник для ВО- М.:Изд.центр «Академия», 2009г.-208с. 4.2.1.
3. РДИ 38.18.019-95 Инструкция по капиллярному контролю деталей технологического оборудования, сварных соединений и наплавки
4. ОСТ 26.5.99 Цветной метод контроля сварных соединений, наплавленно-го и основного металла всех марок стали, титана, меди, алюминия и их сплавов.
5. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций: учебник для техникумов по специальности «Контроль качества сварных конструкций».- Машиностроение, 1986.-152с.
6. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
7. Овчинников В.В.Контроль качества сварных соединений: учебник для ВО- М.: Изд. центр «Академия», 2009 г.-208с.
8. ГОСТ 5264–80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 64 с.
9. ГОСТ 16037–80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.– М.: Изд-во стандартов, 1980. – 46 с.
10. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю
11. Дефекты сварных соединений <http://www.osvarke.com/defekt.html>
12. Овчинников В.В.Контроль качества сварных соединений: учебник для СПО- М.:Изд.центр «Академия», 2009г.-208с.
13. Дефекты сварных соединений <http://www.osvarke.com/defekt.html>
14. Устранение сварочных дефектов.
<http://svarkainfo.ru/rus/lib/quolity/defectelimination/>

15. Контроль качества сварки. <http://svarkainfo.ru/rus/lib/quolity/>
- ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества
16. Инструкция по визуальному и измерительному контролю РД 03-606-03
17. Рентгеновские аппараты <http://www.ncontrol.ru/catalog/Rentgenovskij-kontrol/Rentgenovskie-apparaty>
18. Рентгеновские аппараты <http://galas-ndt.ru/index.php?id=122>
19. Способы контроля сварных швов http://metallicheckiy-portal.ru/articles/svarka/dugovaa_svarka/svarnie_soedinenia_i_shvi/sposobi_kontrola_svoj
20. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций: учебник для техникумов по специальности «Контроль качества сварных конструкций».- Машиностроение, 1986.-152с.
21. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
22. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
23. Заводская инструкция ультразвукового дефектоскопа УД 2-140.
24. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
25. Заводская инструкция ультразвукового дефектоскопа УД 2-140
26. ГОСТ 28702-90. Контроль неразрушающий. Толщинометры ультразвуковые. Общие технические требования.
27. Заводская инструкция ультразвукового толщиномера А 1209.
28. Заводская инструкция магнитопорошкового дефектоскопа МД-М.
29. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.:http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_2110587_Kontrol_nerazrush.html

Приложение 1

АКТ № _____ от _____
визуального и (или) измерительного контроля

1. В соответствии с нарядом-заказом (заявкой) _____
(номер)

выполнен _____
(указать вид контроля (визуальный, измерительный))

контроль _____
(наименование и размеры контролируемого объекта,
шифр документации, ТУ, чертежа, плавка (партия), номер объекта контроля)

Контроль выполнен согласно _____
(наименование и (или) шифр
технической документации)

2. При контроле выявлены следующие дефекты _____
(характеристика
дефектов (форма, размеры, расположение и (или) ориентация для конкретных объектов))

3. Заключение по результатам визуального и измерительного контроля _____

Контроль выполнил _____
(уровень квалификации, № квалификационного удостоверения)

(фамилия, инициалы, подпись)

Руководитель работ по визуальному
и измерительному контролю _____
(фамилия, инициалы, подпись)

Приложение 2

Форма заключения по результатам контроля цветным методом

Предприятие _____

Наименование объекта контроля _____

Зав. № _____

Инв. № _____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № _____ от _____
по результатам контроля цветным методом согласно ОСТ 26-5-99, класс чувствительности _____ набор дефектоскопических материалов

№ строки	№ участка контроля по чертежу, схеме, формуляру	Объем контроля, %	Выявленные дефекты	Заключение по результатам контроля	Примечание

Дефектоскопист _____ / _____ /,

удостоверение № _____

Руководитель службы НК _____ / _____ /

Электронное учебное издание

Светлана Владимировна **Лапшина**

Диагностика и организация ремонта
Лабораторный практикум

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2021 г. Поз. № 31.

Подписано к использованию 10.11.2021. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,7.

Волгоградский государственный технический университет.

400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.

404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.