

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»
(наименование)
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления подготовки)
«Сварка и пайка новых металлических и неметаллических
неорганических материалов»
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Модернизация лабораторного практикума по дисциплине
«Контроль качества сварных соединений»»

Студент

А.А. Гужов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1. Состояние вопроса	6
1.1 Дефекты сварных и паяных соединений	6
1.2 Требования к качеству сварных и паяных соединений	16
1.3 Методы контроля качества сварных и паяных соединений	18
1.4 Анализ существующего лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных соединений» в ТГУ	25
1.5. Задачи работы.....	27
2. Разработка рекомендаций.....	28
2.1. Разработка предложений по совершенствованию лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений.....	28
2.2. Анализ возможностей ООО «ССДЦ «Дельта» в области контроля качества сварных и паяных соединений.....	30
3. Разработка методического и материального обеспечения для курса «Контроль качества сварных конструкций» и его апробирование.....	44
3.1. Проведение ознакомительной экскурсий студентов группы МСп- 1602 в ООО «ССДЦ «Дельта».	44
3.2.Разработка методического обеспечения для проведения практических работ по визуально измерительному контролю лабораторного практикума.....	48
3.3 Разработка образцов для совершенствования лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений.....	50

3.3 Опробование разработанных рекомендаций, методического и материального обеспечения модернизации лабораторного практикума по контролю качества сварных и паяных соединений	68
Заключение	70
Список используемой литературы	72
Приложение А Методическое пособие по проведению практических работ по визуально измерительному контролю	76
Приложение Б Радиографические снимки и расшифровка к ним	105

Введение

Согласно ГОСТ 15467-79 качество продукции определяется совокупностью свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением. Качество сварных изделий зависит от: соответствия материала техническим условиям, состояния оборудования и оснастки, правильности и уровня отработки технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и квалификации работающих.

Достичь высоких технических и эксплуатационных свойств изделия можно при условии точного выполнения технологических процессов и их стабильности. При правильной организации технологического процесса контроль является его неотъемлемой составляющей. Обнаружение дефектов приводит не только к отбраковке продукции, но и к корректировке действующей технологии.

Учебный курс «Контроль качества сварных конструкций» относится к циклу специальных дисциплин, целью которого является: получение теоретических и практических знаний в области контроля качества применительно к объектам профессиональной деятельности специалиста - сварщика. Существующая программа дисциплины включает в себя как курс лекций, так и лабораторные работы.

По результатам пройденной программы студент должен приобрести ряд представлений:

- Об основных терминах и определениях в области контроля качества,
- Об основных этапах контроля качества,
- О сравнительных преимуществах и недостатках разрушающего и неразрушающего контроля.

Должен владеть информацией:

- Основные показатели качества сварных соединений,
- Виды дефектов сварных и паяных соединений,
- Преимущества, недостатки и технологию основных методов контроля.

Должен иметь практические навыки:

- Выбор метод контроля в соответствии с техническими требованиями к изделию,
- Производить неразрушающий контроль распространенными методами НК.

С момента составления учебного курса и оснащения учебной лаборатории в значительной степени изменились методики контроля, появились новые модели оборудования и расходных материалов для неразрушающего контроля. Часть оборудования пришло в негодность, а используемые методики неприменимы к современным дефектоскопам.

Актуальность работы заключается в моральной устарелости существующего практикума и приобретаемых знаний студентами.

Таким образом, целью работы является повышение качества получаемых теоретических и практических знаний по дисциплине «Контроль качества сварных соединений».

1. Состояние вопроса

1.1 Дефекты сварных и паяных соединений

По ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 дефект сварки плавлением это несплошность в сварном соединении или отклонение от требуемой геометрии. Недопустимый дефект: дефект, превышающий норму. В различных областях промышленности и производства существуют свои нормативные документы определяющие допустимость различных дефектов.

В процессе образования неразъемных сварных соединений в металле шва и ЗТВ есть вероятность возникновения различных отклонений от установленных норм и технических требований, приводящих к снижению работоспособности сварных конструкций, их эксплуатационной надежности и ухудшению внешнего вида изделия.

При производстве и сварных конструкций могут образоваться дефекты различного вида. Условно эти дефекты можно отнести к 2-м группам:

- Дефекты подготовки и сборки;
- Дефекты сварных соединений;

К основными дефектами подготовки и сборки относят:

1. Неправильный угол скоса кромок;

«Разделка кромок выполняется при толщине металла более 3 мм, поскольку отсутствие разделки кромок может привести к непровару по сечению сварного соединения, а также к перегреву и пережогу металла. Несоблюдение угла скоса кромок может привести к нарушению геометрии шва – завышенной или заниженной ширине и выпуклости шва, при малом угле скоса

кромки возможно появление непровара в корне шва, при большом – перегрева и пережога металла шва и ЗТВ.» [9]

2. Большое или малое притупление кромок по длине стыкуемых кромок;

«Притупление кромок выполняется для обеспечения устойчивого ведения процесса сварки при выполнении корневого слоя шва. Отсутствие притупления или его неправильная величина способствует образованию прожогов или непроваров при сварке.» [9]

3. Непостоянный зазор;

«Зазор, правильно установленный перед сваркой, позволяет обеспечить полный провар по сечению соединения при наложении первого (корневого) слоя шва, если подобран соответствующий режим сварки. Непостоянство зазора между свариваемыми кромками приводит к появлению прожогов или непроваров при сварке.» [9]

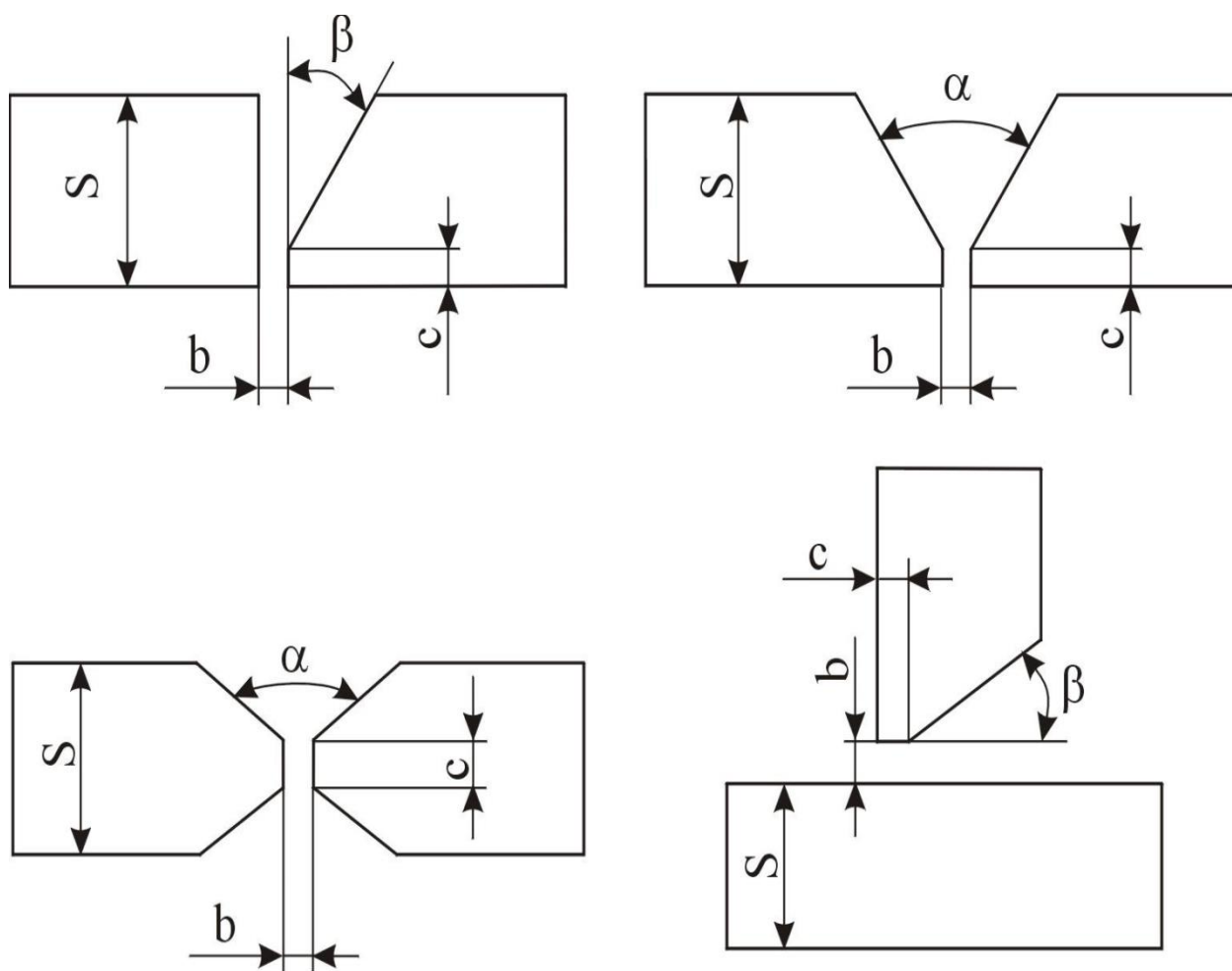


Рисунок 1 – Конструктивные параметры разделки кромок и сборки под сварку: b - зазор; c - притупление кромки; β - угол скоса кромки; α - угол разделки кромок.

4. Несовпадение стыкуемых плоскостей;

«Смещение кромок создает дополнительные сварочные деформации и напряжения, тем самым ухудшая прочностные свойства сварного соединения. Кроме того, смещение кромок не позволяет получать монолитного сварного шва по сечению свариваемых кромок. Смещение кромок регламентируется ГОСТами, нормативной документацией или техническими условиями на изготовление изделий.» [9]

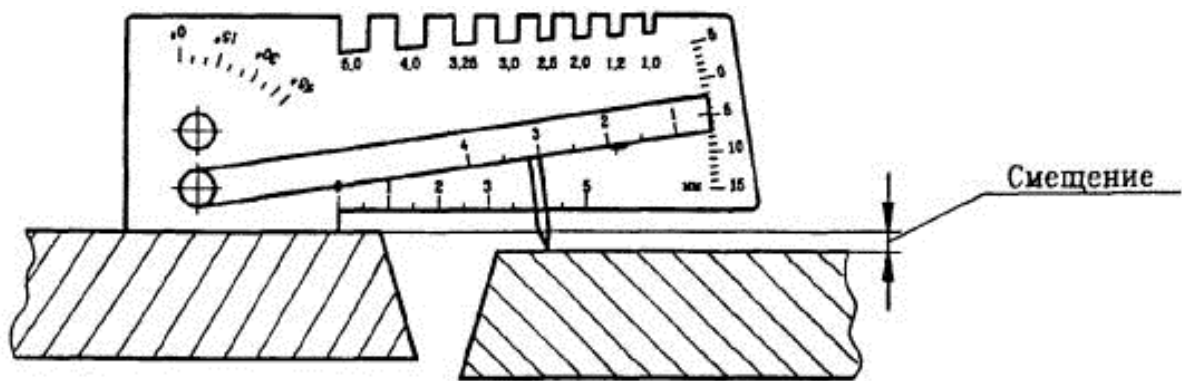


Рисунок 2 – Смещение кромок.

5. Расслоения и загрязнения кромок.

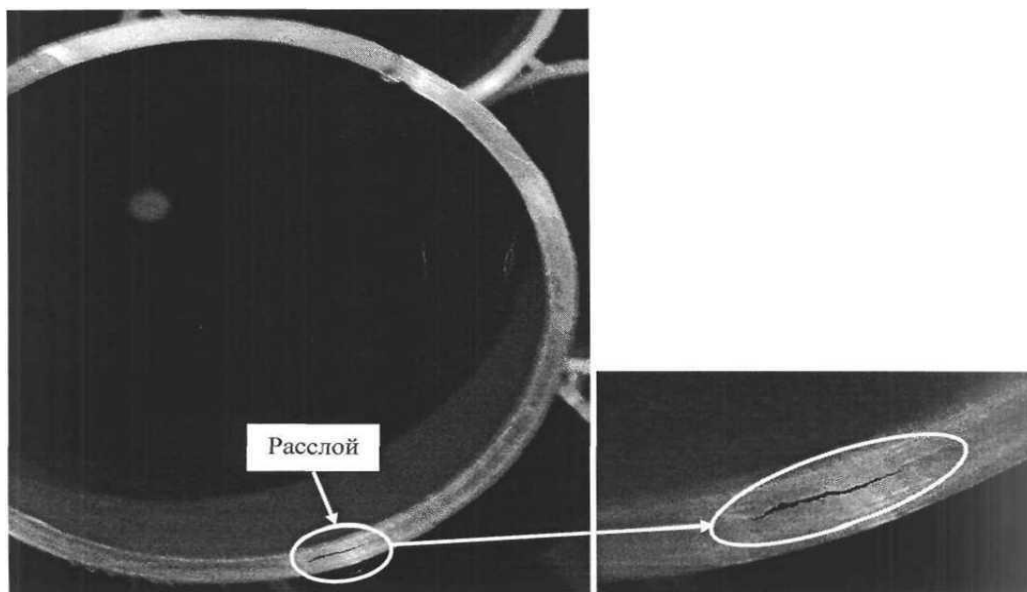


Рисунок 3 – Расслоение на кромке.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 классификация дефектов производится по следующим 6-ти основным группам:

1. Трещины;

«Трещины являются самыми опасными недопустимыми дефектами, так как являются концентраторами напряжения и очагом разрушения сварного соединения. Они могут быть расположены в металле сварного шва, в ЗТВ, в основном

металле. Трещины, как правило, не подлежат устранению без вырезки сварного соединения.» [9]

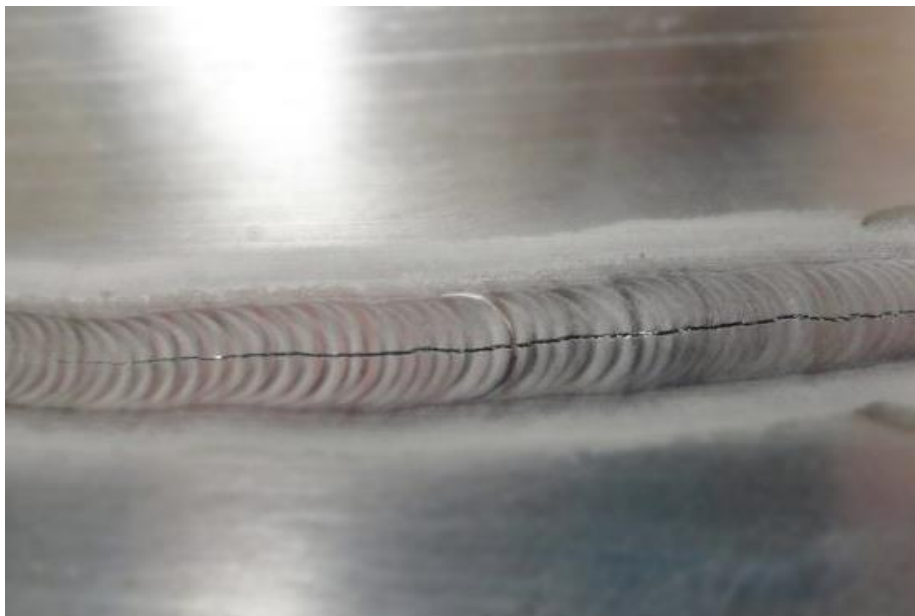


Рисунок 4 – Продольная трещина сварного шва.

2. Полости;

«Поры — недопустимый дефект сварных швов для аппаратуры, работающей под давлением и под вакуумом, или предназначенной для хранения и транспортировки жидких и газообразных продуктов. Для других конструкций поры не являются столь серьезным дефектом, как трещины, но наличие пор при всех условиях нежелательно. Вопрос о допустимости пор решается в зависимости от условий эксплуатации конструкции.

Размеры пор могут быть микроскопическими или достигать нескольких миллиметров, они могут быть округлой или вытянутой формы. Степень пористости шва и размер отдельных пор во многом зависят от того, как долго сварочная ванна

находится в жидком состоянии, которое позволяет образующимся газам выйти из шва.» [9]

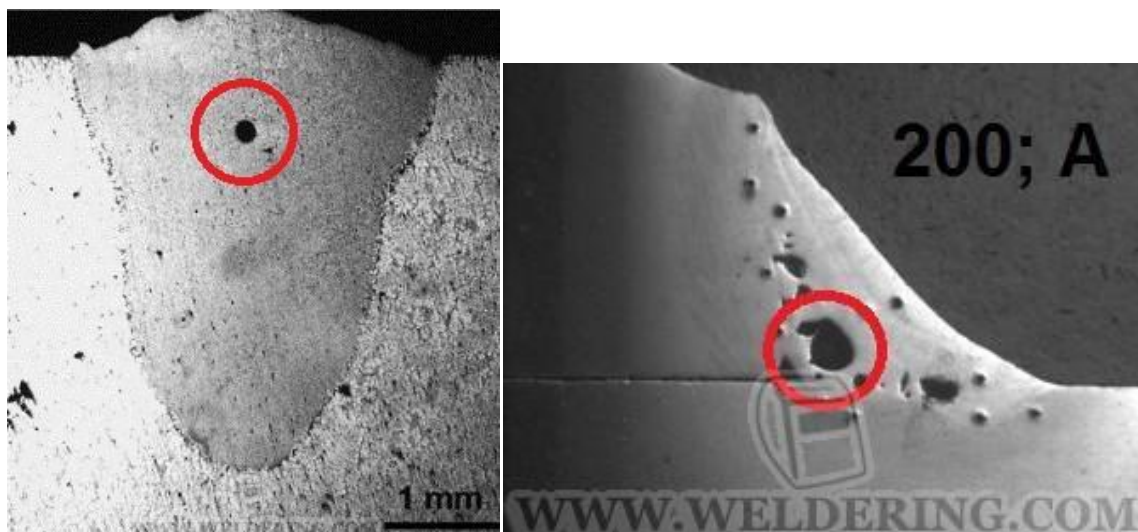


Рисунок 5 – Пора и газовые полости в сварном шве.

3. Твердые включения;

«Шлаковые включения могут иметь размер до нескольких десятков миллиметров и поэтому являются очень опасными. Шлаковые и твердые включения, так же как и газовые поры, ослабляют сечение шва, уменьшают его прочность и являются зонами концентрации напряжений.

Шлаковые включения появляются в результате того, что шлак, образующийся при плавлении электродного покрытия или флюса, не всегда всплывает на поверхность сварочной ванны. Вероятность образования шлаковых включений очень велика при сварке электродами с тонким покрытием. При сварке высококачественными электродами, дающими много шлака, расплавленный металл дольше находится в жидком состоянии, и неметаллические включения успевают всплыть на его поверхность, в результате чего засорение шва шлаковыми

включениями незначительно. При сварке в защитных газах шлаковые включения встречаются редко.» [9]

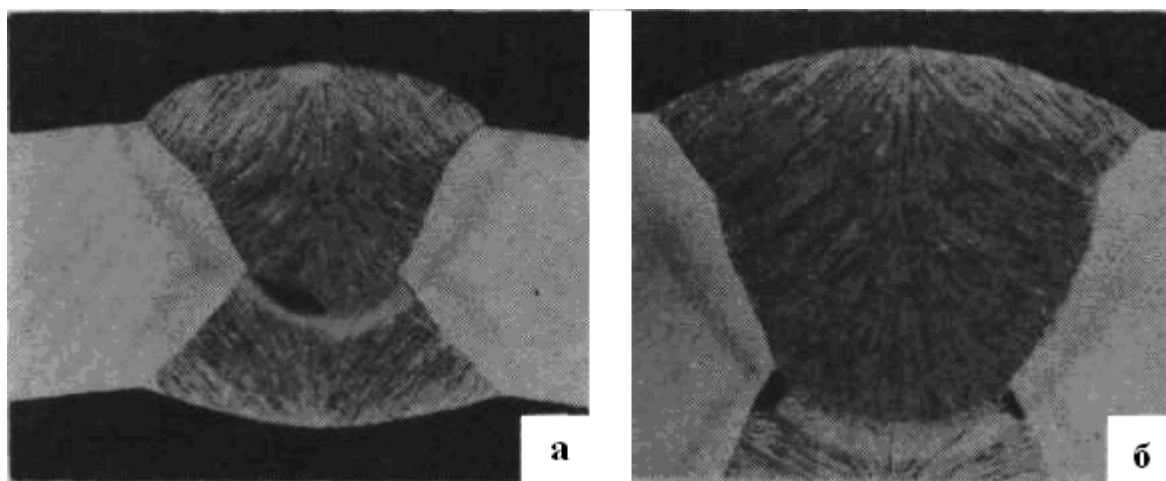


Рисунок 6 – Шлаковые включения в сварном шве: а – в сечении; б – по кромке.

4. Несплавления и непровары;

«Непровары и несплавления являются одними из наиболее опасных дефектов сварных швов, и могут также сопровождаться присутствием пор и оксидных включений. В результате образования этих дефектов снижается сечение шва и возникает местная концентрация напряжений, что в конечном итоге снижает прочность сварного соединения и приводит к разрушению сварной конструкции.» [9]

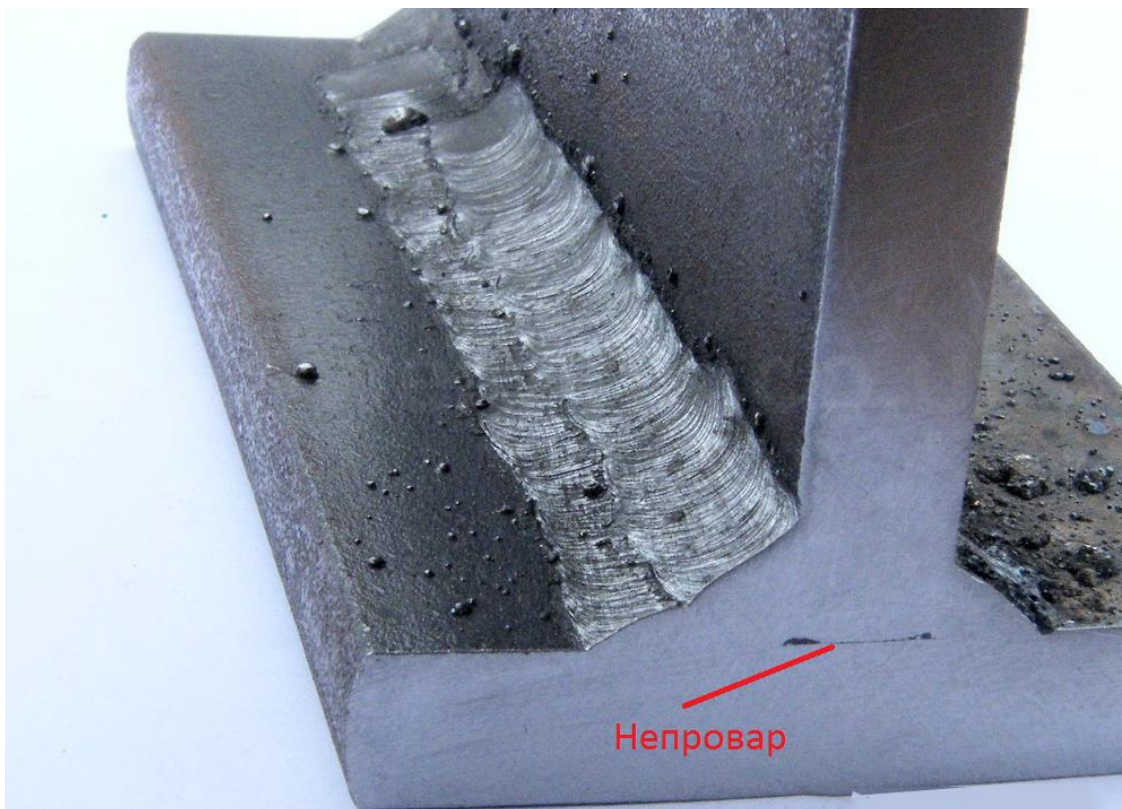


Рисунок 7 – несплавление в сварном шве.

5. Отклонения формы и размера;



Рисунок 8 – Подрез сварного шва.



Рисунок 9 – неправильная форма шва.

6. Прочие дефекты.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 «трещина – это нарушение сплошности, вызванное локальным разрывом в результате охлаждения или действия нагрузок» [4]. Различаются в зависимости от расположения, ориентации, размера и времени происхождения.

К полостям относят газové поры, скопления пор, цепочки пор, общая пористость, свищи и различные виды усадок.

К группе твердых включений относят: шлаковые и флюсовые включения, включения металлов и их оксидных пленок, различают единичные, скопления и цепочки.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 «несплавления – это отсутствие соединения между основным и наплавленным металлом или между отдельными слоями» [4]. Несплавления бывают различных типов в зависимости от их расположения.

Пятая группа характеризуется отклонениями от требуемой формы и/или геометрии сварного шва. В нее входят: неправильная форма шва, подрезы различного характера и расположения, превышение выпуклости и проплава, протечи и натеки, прожоги, незаполнения.

К прочим относят дефекты не вошедшие в предыдущие 5 групп: ожоги, брызги, утонения металла, смещения кромок, остатки шлака и флюса, а так же коробления вызванные продолжительным нагревом

По ГОСТ 24715 дефекты, возникающие при пайке условно можно разделить на 3 группы:

- Поверхностные дефекты;
- Внутренние дефекты;
- Сквозные дефекты.

К поверхностным дефектам относятся: поверхностные окисления, поверхностные поры, подрезы, выходящие на поверхность непровары, неспаи, общая и локальная эрозии.

Типичные внутренние дефекты: непропай, неспай, трещина, внутренняя пора, усадочная раковина, включения, общая и локальная эрозии.

К сквозным дефектам относят: непропай, неспай, общая и локальная эрозии, сочетания наружных и внутренних дефектов, приводящие к течу

1.2 Требования к качеству сварных и паяных соединений

В соответствии с ГОСТ 22851-77 «качество сварных изделий является комплексным понятием и представляет совокупность определённых характеристик. Отдельные характеристики продукции объединяются в группы или показатели качества» [6]. Существуют различные группы показателей качества: назначения, надёжности, технологичности и др.

Применительно к неразъёмным сварным соединениям, первостепенное значение имеют показатели назначения и надёжности.

Со слов Федорова А.А. «показатели назначения сварных изделий в значительной степени будут определять свойства сварных соединений и характеризовать их показатели качества. При определении показателей качества сварных соединений рекомендуется выбирать самые необходимые и важнейшие свойства. К их числу относят прочность и герметичность. К свойствам сварных соединений относят также пластичность, коррозионную стойкость, износостойкость» [9].

«Эти свойства будут определять требования к сварным соединениям, которые обеспечиваются определёнными конструктивными и технологическими характеристиками сварного соединения. К конструктивным характеристикам относят форму и геометрические размеры сварного шва и сварных точек.» [8]

«К технологическим характеристикам относят уровень остаточных напряжений, величину деформаций, размеры и количество дефектов и т.д.»

«Перечисленные характеристики в совокупности определяют качество сварных соединений и являются основой для оптимизации технологического процесса, под которой понимают нахождение наилучшего технологического решения осуществления процесса, обеспечивающего качество и надёжность сварных изделий» [8]

К показателям надёжности изделий и сварных соединений относятся:

- Безотказность;
- Долговечность;
- Ремонтопригодность.

«Безотказность - свойство сварного соединения сохранять работоспособность (работоспособное состояние) в течение определённого периода времени в заданных условиях эксплуатации. Работоспособность сварных соединений характеризуется сохранением их свойств, установленных нормативно-технической документацией. Под отказом понимают событие, заключающееся в нарушении работоспособности, т.е. в выходе хотя бы одной контролируемой характеристики за допустимые пределы» [8].

«Долговечность - свойство сварного соединения сохранять работоспособность до наступления состояния, когда невозможна дальнейшая эксплуатация сварного изделия» [8].

«Ремонтопригодность - свойство сварного соединения, заключающееся в возможности его ремонта и устранения возникших дефектов в процессе эксплуатации» [8].

1.3 Методы контроля качества сварных и паяных соединений

Методы неразрушающего контроля классифицируются в зависимости от физических процессов взаимодействия средства НК с объектом контроля.

«Эффективность определяется большим числом факторов, главными из которых являются выявляемость дефектов, стоимость, оперативность, производительность и безопасность. Каждый метод НК ориентирован на выявление определенных дефектов. Например, дефекты только на поверхности объектов позволяют обнаруживать визуальные и капиллярные методы контроля; поверхностные и подповерхностные дефекты обнаруживаются при помощи магнитного и токовихревого методов. Акустическим и радиационным методами можно обнаружить поверхностные, подповерхностные и внутренние дефекты.» [8] Согласно ГОСТ 3242-79(сварные соединения) и ГОСТ 24715-81(паяные соединения), с точки зрения физических явлений, на которых они основаны, выделяют 9 видов неразрушающего контроля:

1. Магнитный;
2. Вихретоковый;
3. Электрический;
4. Радиоволновой;
5. Тепловой;
6. Визуально-оптический;
7. Радиационный;
8. Проникающими веществами;
9. Акустический.

«Магнитный метод основан на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами» [1]. Область применения только для объектов из ферромагнитных материалов. В зависимости от магнитных свойств материала ОК, формы и размеров применяют два способа намагничивания: способ приложенного поля и способ остаточной намагниченности. Для регистрации результатов контроля используют магнитные порошки или суспензии, магнитные ленты, различные преобразователи и датчики.



Рисунок 10 – магнитопорошковый контроль способом приложенного поля.

«Вихретоковый метод основан на регистрации и анализе взаимодействия электромагнитного поля преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемый объект. Применение ограничивается электропроводящими материалами» [1].



Рисунок 11 – Вихретоковый контроль.

«Электрический метод основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом» [1]. В основном используется для контроля изоляционного слоя трубопроводов и толщины проводящего слоя полупроводников, для определения наличия в них несплошностей.



Рисунок 12 – Электрический метод неразрушающего контроля.

Радиоволновой метод применяется с целью определения целостности анализируемого объекта и выявления его скрытых дефектов. Чаще всего применяется для контроля пластмасс, изделий из керамики и стекловолокна и тонкостенных металлических изделий.

«Тепловой метод основан на регистрации изменения тепловых полей, применим к объектам любых толщин и материалов» [1].

«Визуально – оптический метод НК основан на наблюдении и анализе параметров оптического излучения, взаимодействующего с объектом контроля» [1]. Визуальный контроль с использованием оптических приборов называют визуально-оптическим, а с применением измерительных приборов – визуально-измерительным.



Рисунок 13 – Визуально-измерительный метод контроля.

Радиационный метод основан на регистрации и анализе проникающего через объект контроля ионизирующего излучения. Информационным параметром метода является ослабление интенсивности излучения. Метод применим к любым материалам.



Рисунок 14 – Рентгеновский контроль.

Условно контроль проникающими веществами проводят:

- Капиллярным методом, основанным на капиллярном проникновении в полость дефекта индикаторной жидкости, с последующей индикацией.



Рисунок 15 – Капиллярный контроль.

- Методом течеискания, используемым для выявления сквозных дефектов.

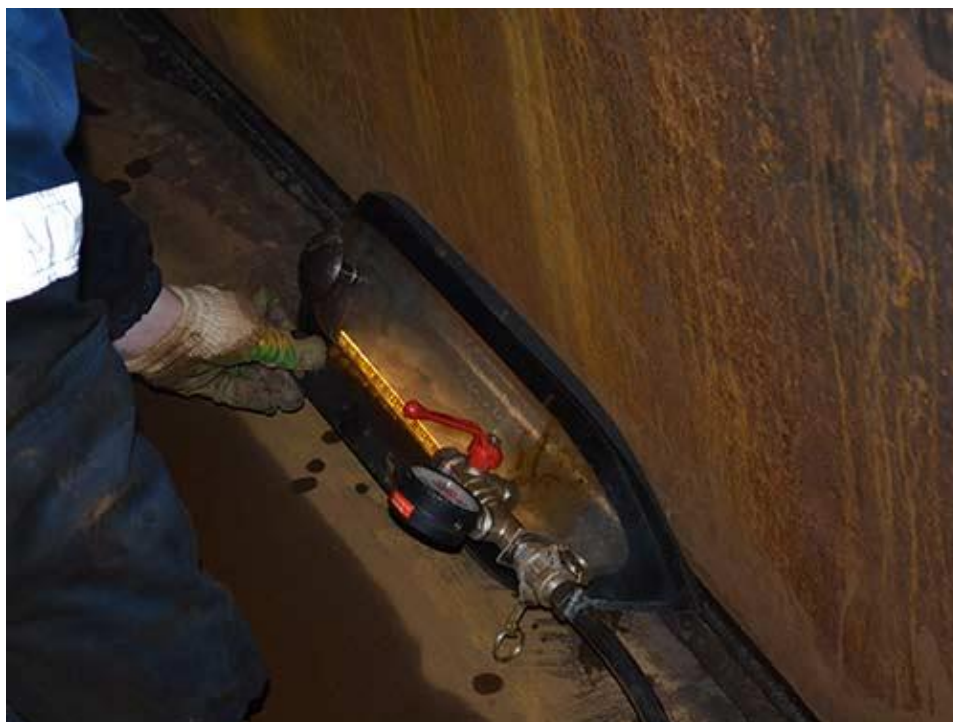


Рисунок 16 – Контроль методом течеискания, с применением вакуумной рамки.

«Акустический метод основан на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих объектах. Чаще всего используются упругие волны ультразвукового диапазона» [1]. Так же к акустическим методам относится акустическая эмиссия.



Рисунок 17 – Ультразвуковой контроль.

Выбор метода или комплекса методов неразрушающего контроля конкретных изделий зависит от: чувствительности метода, условия работы изделия, материала, состояние поверхности, формы и размера изделия, зоны контроля, условий контроля и характер выявляемых несплошностей, подлежащих выявлению.

1.4 Анализ существующего лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных соединений» в ТГУ

Лекционная часть учебного курса «Контроль качества сварных конструкций» не требует модернизации. Существующий лекционный материал актуален ввиду отсутствия революционных научных открытий в области неразрушающего контроля. Но существующие нормативно-технические документы необходимо включить в программу лекций. Происходит постоянное рассмотрение существующих ГОСТов, методик проведения контроля и технологических документов, вносятся изменения, выходят новые редакции и даже отмена существующих документов с введением новых.

Для проведения лабораторных работ по визуально-измерительному контролю отсутствуют современные измерительные приспособления и непосредственно образцы для проведения контроля, а сама методика проведения лабораторной работы отсутствует, что является большим упущением, в силу того, что визуально-измерительный контроль является основным и первостепенным контролем, предшествующим другим способам.

Проведение лабораторных работ по ультразвуковому контролю очень важно по причине все большего использования данного метода для контроля качества, но используемое оборудование при проведении лабораторных работ морально устарело, используется дефектоскоп УД2-12. Даже для опытного специалиста по ультразвуковому контролю он сложен в настройке и его интерфейс не информативен по сравнению с современными дефектоскопами.



Рисунок 18 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-12.

Отсутствует необходимое количество оборудования и учебных материалов для проведения работ по рентгеновскому контролю, рентгеновские снимки имеющиеся в университете не удовлетворяют основным требованиям ГОСТ 7512. Стационарный рентгеновский аппарат РУП150-1, используемый в демонстративных целях, в корне отличается от используемых современных рентгеновских аппаратов.

В свою очередь лабораторные работы по проведению магнитопорошкового контроля, контроля проникающими веществами и контроля герметичности, методом гелиевого щупа, практически не требуют изменений и дают действительное представление о проведении контроля, лишь расходные материалы при проведении работ не совсем современные.

1.5. Задачи работы

Проанализировав наиболее часто возникающие дефекты в сварных соединениях, методы их выявления и основные требования предъявляемые к качеству сварных соединений, был рассмотрен курс лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных конструкций», который в свою очередь имеет ряд недостатков.

Для решения поставленной цели в работе будут решаться следующие задачи:

1. Разработка предложений по совершенствованию лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений
2. Разработка методического обеспечения для совершенствования лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений.
3. Разработка образцов для совершенствования лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений.

2. Разработка рекомендаций

2.1. Разработка предложений по совершенствованию лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений

Для решения поставленных задач в рамках выпускной работы внесен ряд предложений по совершенствованию лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных конструкций».

Лабораторный практикум включает в себя проведение лабораторных работ по следующим видам неразрушающего контроля:

- Рентгеновский контроль;
- Магнитопорошковый контроль;
- Ультразвуковой контроль;
- Контроль проникающими веществами (капиллярный контроль);
- Контроль проникающими веществами (контроль методом гелиевого щупа).

Отсутствие практической работы по визуально-измерительному контролю является огромной ошибкой в силу того что это вид контроля понадобится в дальнейшей трудовой деятельности выпускника специалиста сварочного производства. В рамках выпускной работы будут изготовлены образцы для проведения практической работы и методическое пособие по проведению визуально измерительного контроля.

Для проведения лабораторных работ по рентгеновскому контролю необходимо ознакомление студентов с современными образцами рентгеновских аппаратов и расходных материалов. Оборудование, представленное в кабинете, не дает действительное представление о современных дефектоскопах.

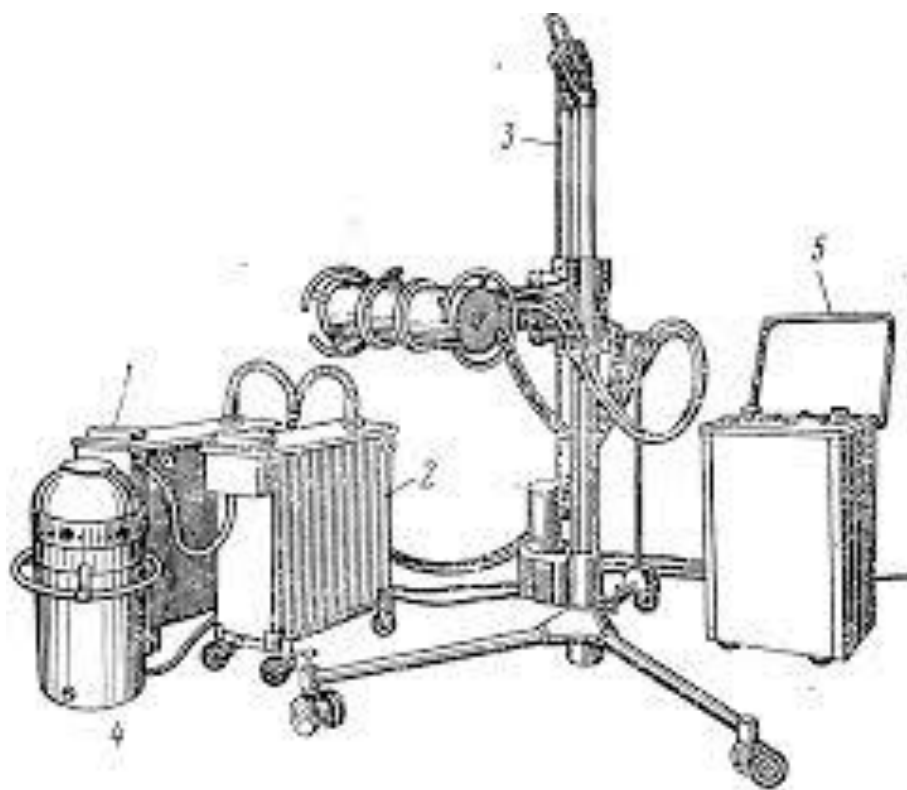


Рисунок 19 – Рентгеновский аппарат РУП 150-1.

Необходимо обновить существующие рентгеновские снимки и составить подробное описание имеющихся на них дефектов.

При проведении лабораторных работ по ультразвуковому контролю используется ультразвуковой дефектоскоп УД2-12. Он сложен в настройке, интерфейс дефектоскопа неинформативен, а некоторые современные функции (ВРЧ, многоуровневый строб, встроенные АРД диаграммы) отсутствуют. Для получения современных знаний об ультразвуковом контроле необходимо ознакомление с современными дефектоскопами и образцами для настройки чувствительности.

Проведение лабораторной работы капиллярным способом предусматривает изготовление как пенетранта, так и проявителя (расходные материалы). В настоящее время используют либо уже готовые расходные

материалы для нанесения кисточками, либо используют расходные материалы в виде аэрозолей.



Рисунок 20 – аэрозоли для проведения капиллярного контроля.

Предлагается приобретение аэрозольных расходных материалов для проведения лабораторных работ по капиллярному контролю типа SHERWIN либо KARL DEUTSCH.

Для ознакомления студентов курса с современными образцами оборудования и расходными материалами при проведении неразрушающего контроля возможно проведение экскурсий в лаборатории города (учитывая возможности пропускного режима, доступность проезда и оснащенность лаборатории)

2.2. Анализ возможностей ООО «ССДЦ «Дельта» в области контроля качества сварных и паяных соединений

Лаборатория неразрушающего контроля, в составе испытательного центра ООО «ССДЦ «Дельта», имеет свидетельство об аттестации единой

системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве. Согласно области аттестации имеет право осуществлять проведение неразрушающего контроля оборудования и материалов при изготовлении, строительстве, монтаже, ремонте и реконструкции следующих объектов согласно ПБ 03-372-00:

1. Объектов котлонадзора:

- 1.1. Паровые и водогрейные котлы;
- 1.2. Электрические котлы;
- 1.3. Сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа;
- 1.4. Трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07 МПа и температурой свыше 115⁰С.;
- 1.5. Барокамеры.

2. Системы газоснабжения:

- 2.1. Наружные газопроводы;
 - 2.1.1. Наружные газопроводы стальные;
 - 2.1.2. Наружные газопроводы из полиэтиленовых и композитных материалов;
- 2.2. Внутренние газопроводы стальные;
- 2.3. Детали и узлы, газовое оборудование.

3. Подъемные сооружения:

- 3.1. Грузоподъемные краны;
- 3.2. Подъемники (вышки);
- 3.5. Эскалаторы;
- 3.6. Лифты;
- 3.7. Краны-трубоукладчики;
- 3.8. Краны-манипуляторы;

3.10. Крановые пути.

6. Оборудование нефтяной и газовой промышленности:

6.1 Оборудование для бурения скважин;

6.2 Оборудование для эксплуатации скважин;

6.3 Оборудование для освоения и ремонта скважин;

6.4. Оборудование газонефтеперекачивающих станций;

6.5. Газонефтепродуктопроводы;

6.6. Резервуары для нефти и нефтепродуктов.

7. Оборудование металлургической промышленности:

7.1. Металлоконструкции технических устройств, зданий и сооружений;

7.2. Газопроводы технологических газов;

7.3. Цапфы чугуновозов, стальковшей, металоразливочных ковшей.

8. Оборудование взрывопожароопасных и химически опасных производств:

8.1. Оборудование химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением до 160 кгс/см^2 ;

8.2. Оборудование химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением свыше 160 кгс/см^2 ;

8.3. Оборудование химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, работающее под вакуумом;

8.4. Резервуары для хранения взрывопожароопасных и токсичных веществ;

8.5. Изотермические хранилища;

8.6. Криогенное оборудование;

8.7. Оборудование аммиачных и холодильных установок;

8.8. Печи, котлы ВОТ, энерготехнологические котлы и котлы утилизаторы;

8.9. Компрессорное и насосное оборудование;

8.10.Центрифуги, сепараторы;

8.11.Цистерны, контейнеры (бочки), баллоны для взрывопожароопасных и токсичных веществ;

8.12.Технологические трубопроводы, трубопроводы пара и горячей воды.

11. Здания и сооружения (строительные объекты):

11.1. Металлические конструкции;

11.2. Бетонные и железобетонные конструкции;

11.3. Каменные и армокаменные конструкции.

Лаборатория неразрушающего контроля имеет право производить контроль следующими способами:

Ультразвуковой метод контроля:

- ультразвуковая дефектоскопия;
- ультразвуковая толщинометрия.

Радиационный метод контроля:

- рентгенографический контроль.

Визуальный и измерительный контроль.

Проникающими веществами:

- капиллярный контроль;
- контроль методом течеискания.

Магнитный метод контроля:

- магнитопорошковый метод.

Лаборатория оснащена следующим оборудованием для проведения контроля:

Рентгеновский контроль:

1. Рентгеновские аппараты импульсного действия: Арина-1; Арина-7; Арина-9.

«Импульсные рентгеновские аппараты серии «Арина» используются для промышленного рентгеновского контроля. В настоящее время выпускаются модели: Арина-1, Арина-3, Арина-7, Арина-9. Приборы данной серии отличаются мощностью напряжения на рентгеновской трубке и подбираются исходя из максимальной толщины объекта и условий контроля. Приборы данной серии могут работать как направленным, так и панорамным методом. Дефектоскопы Арина разработаны в России и адаптированы для работы при температуре окружающей среды от -40 до $+50\text{ C}^{\circ}$.» [12]

«Импульсные аппараты «Арина» работают в более широком диапазоне рентгеновского излучения, сдвинутого в длинноволновую часть спектра, чем аппараты непрерывного действия. Это позволяет одним и тем же аппаратом, при постоянном напряжении на рентгеновской трубке, диагностировать как тонкие детали (от 4 мм), так и более толстые (до 30 мм и выше) Например, для иридия 192, толщина образца может быть от 10 до 100 мм.»



Рисунок 21 – Рентгеновские аппараты импульсного действия Арина-1, Арина-7 и Арина-9.

2. Рентгеновские аппараты постоянного действия: Март-250; РПД-200С и SITE-X CP-300.

«МАРТ-250 – направленный рентгеновский дефектоскоп постоянного потенциала на базе малогабаритной рентгеновской трубки 0,1БПМ с двух полярной схемой питания и частотой свыше 100 кГц. Имея относительно малый вес и габариты, данная модель удобна при полевом контроле объектов толщиной до 50 мм по стали. Вес аппарата с пультом 13 кг. Для панорамного контроля возможно применение аналогичной модели.» [11]

«Рентгеновский аппарат МАРТ-250 сделан в РФ и имеет положительные отзывы российских специалистов. Полный средний срок службы аппарата – 5 лет. Максимальное время нахождения рентгеновской трубки под напряжением не более 10 мин. Диапазон рабочих температур от -20°C до +40°C. Степень защиты от попадания пыли и влаги с подключенными разъемами IP20.» [11]



Рисунок 22 – Рентгеновский аппарат Март-250.

Рентгеновский аппараты РПД-200 С используется для выявления внутренних дефектов сварных соединений труб и других конструкций, листовых и профильных заготовок, изделийковки и литья из чёрных и цветных металлов. Устройства выпускаются в северном исполнении и могут эксплуатироваться в суровых условиях при температурах от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Моноблок аппаратов оснащается рентгеновской трубкой типа 1,2БПК21-200 с заземлённым анодом. Максимальное значение постоянного анодного напряжения составляет 200 кВ, а постоянного тока анода во время экспозиции — 5 мА. В диапазоне 180 – 200 кВ аппараты РПД-200 С обладают изоваттной характеристикой по анодной мощности с предельной величиной 900 Вт. Для версии РПД-200 СН значение максимальной анодной мощности увеличено до 1 000 Вт.



Рисунок 23 – Рентгеновский аппарат РПД-200С.

Конструктивной особенностью рентген генератора SITE-X является стержневой анод, поэтому фокус находится за пределами изолированного элегазом SF6 генератора высокого напряжения-это приводит к экономии в весе аппарата, что позволяет инженерам ICM продолжать улучшать такие

важные характеристики, как качество охлаждения и запас прочности, не увеличивая массу.

Совместно с Институтом Термомеханики Льежского Университета специалисты ИСМ разработали теплообменник высокого КПД, позволяющий получить рабочий цикл со 100% эффективностью в условиях абсолютной безопасности при уменьшении температуры анода на 50%.

Ряд генераторов оборудовано встроенным коллиматором «карусельного» типа с 3 диафрагмами, откалиброванными под наиболее часто используемые пленки. Фокусное пятно, смещенное вдоль оси к краю моноблока, более эффективно при контроле сложных конструкций.



Рисунок 24 – Рентгеновский аппарат SITE-X CP300.

3. Приспособления для получения снимков: Рентгеновская пленка(AGFA; Carestream), гибкие кассеты для зарядки пленок, усиливающие и защитные экраны (металлические, флуоресцентные, металлофлуоресцентные), проволочные и канавочные эталоны чувствительности, наборы маркировочных знаков и приспособления

для закрепления пленок и аппаратов на объекте контроля (мерные пояса, магниты, пауки и треноги).



Рисунок 25 – Рентгеновская пленка.

4. Приспособления для обработки снимков: кюветы для фото обработки, наборы химических реактивов (проявка снимков), стационарная сушка, осветительные приборы со светофильтрами.
5. Приспособления для просмотра рентгеновских снимков: осветительные негатоскопы, денситометры (определение оптической плотности снимка), трафареты (определение размеров включений), атласы дефектов, меры оптической плотности.

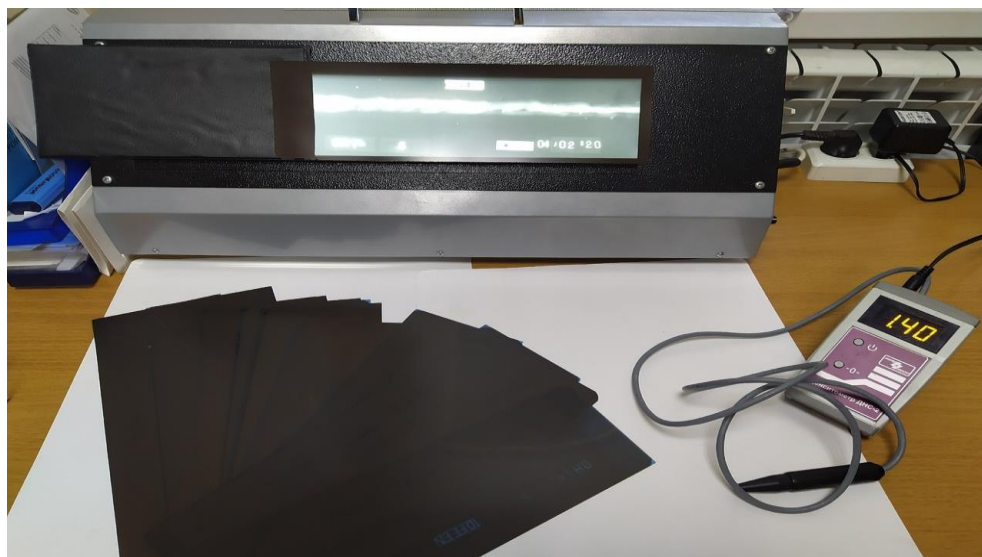


Рисунок 26 - Оборудование для просмотра и расшифровки рентгеновских снимков.

Ультразвуковой контроль:

1. Универсальный дефектоскоп ультразвуковой А1214 Эксперт.



Рисунок 27 – Ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT.

2. Дефектоскоп ультразвуковой УСД-60-8К для контроля трубопроводов.

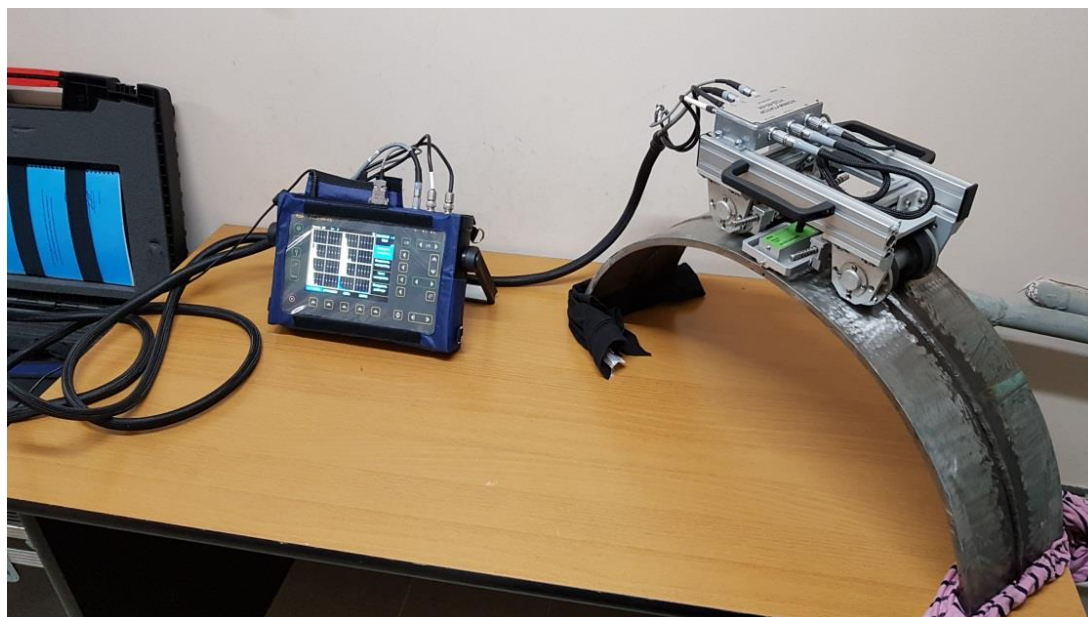


Рисунок 28 – Ультразвуковой дефектоскоп УСД-60-8К.

3. Комплект ПЭП для дефектоскопов.
4. Комплекты СО для настройки основных параметров дефектоскопа и СОПы для настройки чувствительности по всем объектам контроля.
5. Контактная жидкость для проведения контроля.

Визуально-измерительный контроль:

1. Образцы шероховатости
2. Люксметр
3. Набор шаблонов (УШС-3, УШС-4, WG-2, Красовского, Ушерова-Маршака, радиусные)

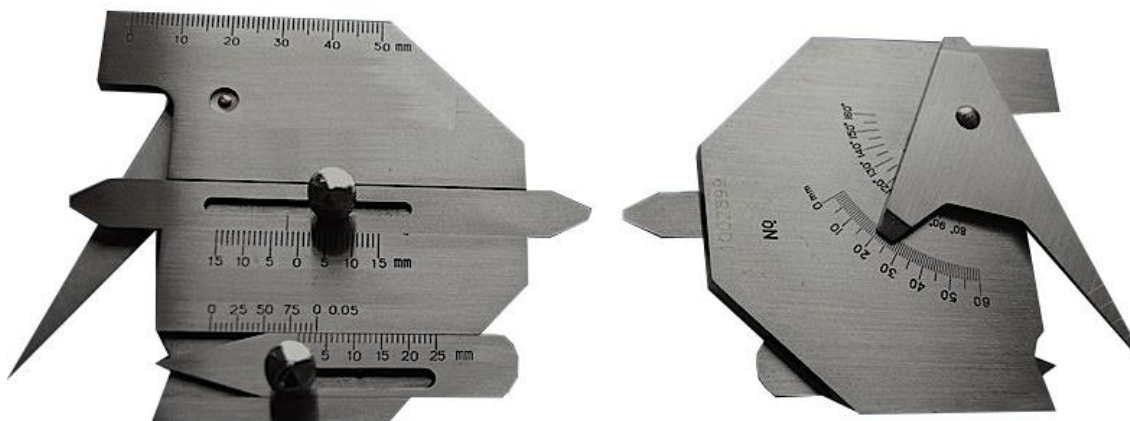
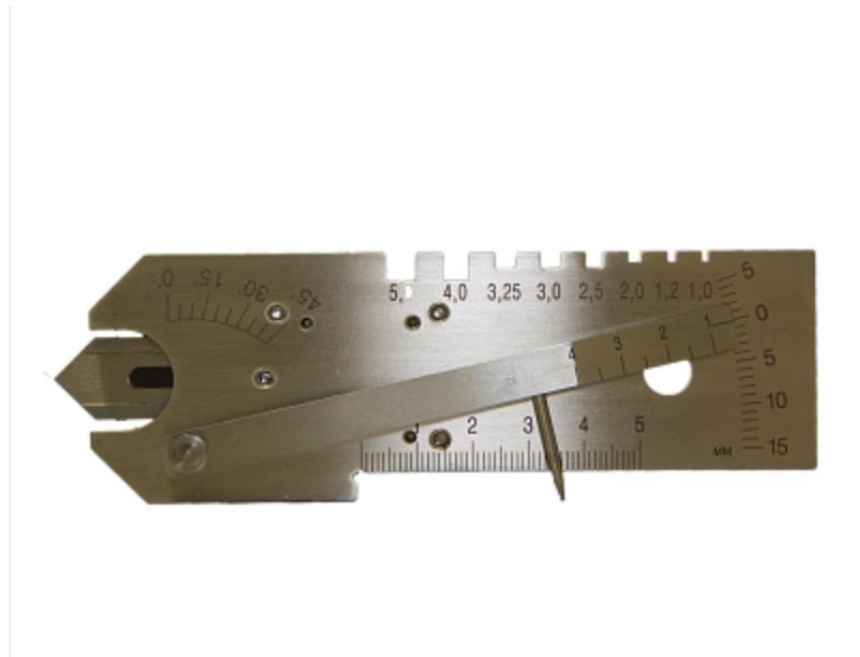


Рисунок 29 – Универсальные шаблоны сварщика УШС-4 и WG-2.

4. Угольники, штангенциркули, лупы, угольники.



Рисунок 30 – Набор для проведения визуально-измерительного контроля.

ПВК, ПВТ и Магнитный контроль:

1. Набор для капиллярной дефектоскопии.
2. Контрольный и рабочий СОП.
3. Вакуумная установка для контроля герметичности.
4. Комплект материалов для мел-керосин способа.
5. Портативный универсальный электромагнит РМ-5
6. Стандартные образцы для МПД
7. Суспензия для МПД и Грунт белый контрастный для МПД

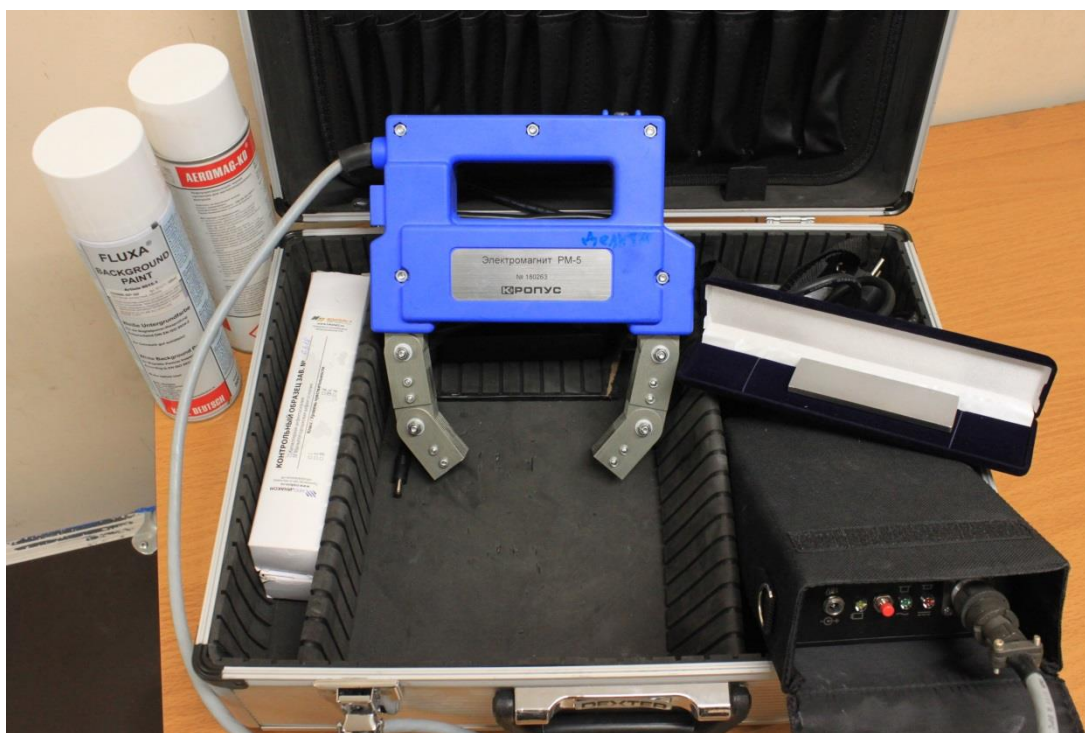


Рисунок 31 – дефектоскоп для проведения магнитопорошкового контроля. РМ-5.

В лаборатории работает 4 аттестованных специалиста II уровня, согласно ПБ 03-440-02, имеет комнату хранения оборудования, рентгеновскую камеру и системой сигнализации, комнату обработки рентгеновских снимков, архив и рабочий кабинет. Имеется возможность организации экскурсий для студентов и изготовления контрольных образцов для учебных целей.

3. Разработка методического и материального обеспечения для курса «Контроль качества сварных конструкций» и его апробирование

3.1. Проведение ознакомительной экскурсий студентов группы МСп-1602 в ООО «ССДЦ «Дельта».

Для модернизации лабораторного практику в рамках эксперимента была проведена экскурсия для студентов группы МСп-1602. В первую очередь, перед экскурсией, был проведен инструктаж по технике безопасности ответственным лицом от организации. Экскурсия проводилась в ООО «ССДЦ «Дельта». В ходе экскурсии студенты посетили как лабораторию неразрушающего контроля, так и лабораторию разрушающего контроля. Оборудование, представленное студентам, указано главой выше.

В рамках экскурсии студенты ознакомились с участком визуально-измерительного контроля, ознакомились с основными приспособлениями для контроля, методиками проведения контроля и некоторыми особенностями способа. На контрольных образцах были апробированы возможности измерительных приборов.

На участке рентгеновского контроля были показаны современные дефектоскопы, органы их управления и камера для проведения радиографического контроля. Студенты ознакомились со способами установки детекторов излучения, настройкой оборудования и подбором режимов просвечивания. Так же студенты посетили комнату обработки рентгенографических снимков, посмотрели используемые реактивы для обработки снимков, ознакомились со способами зарядки форматных пленок с использованием различных типов пленок и экранов к ним. На осветительном негатоскопе были просмотрены радиографические снимки с наиболее распространенными дефектами сварных швов.

При посещении участка магнитопорошкового контроля был продемонстрирован дефектоскоп РМ-5 и настроечные образцы к нему, на одном из которых, при помощи контрастного грунта и аэрозольного баллона с магнитным порошком, был продемонстрирован дефект в виде трещины. Так же студенты провели контроль капиллярным способом с использованием современных образцов для цветной дефектоскопии.

По окончании экскурсии студенты посетили лабораторию разрушающего контроля, где ознакомились с оборудованием, способами его применения. Были продемонстрированы возможности установки для статических испытаний WAW-1000. Испытательная гидравлическая разрывная машина WAW-1000С предназначена для определения механических характеристик различных материалов при статическом растяжении, сжатии, изгибе и сдвиге. Машины предназначены для испытания материалов.

Машина WAW-1000С применяется в металлургии, машиностроении, в производстве неметаллических материалов и изделий из них, в строительстве и стройиндустрии, а также в других отраслях, в том числе при проведении научных исследований.

Принцип действия машин серии WAW основан на преобразовании тензометрическим датчиком давления нагрузки, приложенной к испытываемому образцу, в электрический сигнал, изменяющийся пропорционально этой нагрузке. В частности проведено испытание подготовленного образца на статическое растяжение с построением графика растяжения и его анализ.



Рисунок 32 – Универсальная машина для статических испытаний WAW-1000.

Также студенты ознакомились с маятниковым копром JB-300B, для динамических испытаний и посмотрели результаты различных механических испытаний. «Копр маятниковый TE JB-300B, предназначены для измерений энергии разрушения образцов при испытании на двухопорный ударный

изгиб, ударное растяжение и определение ударной вязкости материалов.» [27]

«Принцип действия копра основан на измерении количества энергии, затраченной на разрушение образца единичным ударным нагружением. Количество энергии определяется как разность между значениями потенциальной энергии маятника копра до удара, и после разрушения образца.» [27]

Копер является стационарной установкой, на основании которой размещены две вертикальные стойки. В верхней части стоек в шарикоподшипниках закреплена ось, на которой подвешен маятник с молотом, в котором находится нож. Между вертикальными стойками на основании находятся опоры для размещения испытуемого образца. На маятник могут устанавливаться съемные молоты, что обеспечивает получение номинальной энергии 150 и 300 Дж.



Рисунок 34 – Маятниковый копер JB-300В.

3.2.Разработка методического обеспечения для проведения практических работ по визуально измерительному контролю лабораторного практикума

Для проведения практических работ по визуально измерительному контролю были разработаны методические указания. В методическом пособии обозначена цель работы: получение практических навыков проведения визуально измерительного контроля.

В первой части методических указаний рассматриваются теоретические основы визуального контроля, особенности применения и выявляемые дефекты и чувствительность контроля. Во второй часть методического пособия рассматриваются вопросы видимости, восприятия, контрастности объекта контроля и временные характеристики зрения

влияющие на проведения контроля. Так же предложено использование стандартного набора визуально измерительного контроля для проведения практической работы, описаны основные единицы набора и приемы использования оборудования. Представлена классификация дефектов по ГОСТ 30242 – 97 и пример описания дефектов.

Разработана программа работы включающая в себя:

- Изучить состав стандартного набора для ВИК.
- Записать в Отчет по лабораторной работе состав стандартного набора ВИК и предназначение каждой единицы набора.
- Рассмотреть выданные для проведения контроля образцы и, при необходимости, провести работы по очистке их поверхности.
- Зарисовать в бланке Заключения схему образца (возможно, его развертку, и иные виды отдельных элементов образца, необходимые для полного понимания мест обнаружения и типов дефектов).
- Выбрать необходимые инструменты и изучить образец.
- Все результаты осмотра, измерений и т.п. отразить в Заключении.
- Классифицировать все обнаруженные дефекты.
- В Отчете ответить на контрольные вопросы.

Составлены вопросы для самоконтроля и представлена рекомендуемая литература. Полный текст методических указаний представлен в приложении 1.

Но для проведения практических работ по ВИК отсутствуют наборы ВИК или как минимум просто шаблоны сварщиков для проведения контроля. Рекомендуется приобретение наборов ВИК, цена которых 7750р. (в состав набора ВИК входят: Лупа измерительная L11.; Штангенциркуль ЩЦ-1-125-0.1; УШС-3; Набор щупов № 4 КТ II; Набор радиусов №1.; Линейка

измерительная 30 см; Рулетка измерительная 2м; Угольник УП 100х60 к2; Лупа просмотровая ЛПП1-7х ; Лупа просмотровая с подсветкой;) либо минимальный набор приспособлений: ушс-3(1050) и щц-125(775), Ли-3х10(1500)

3.3 Разработка образцов для совершенствования лабораторного практикума по контролю качества сварных соединений

Одной из задач выпускной работы является изготовление образцов для проведения практических работ по визуально измерительному контролю. В качестве образцов использовались контрольные сварные соединения не прошедшие квалификационные испытания и имеющие внешние дефекты, видимые невооруженным глазом. Были подобраны стыковые соединения как листов так и труб. Каждое сварное соединение было подготовлено, очищено от окалины, загрязнений и т.д. Каждый образец имеет начало проведения контроля, обозначенное рискуй, направление проведения контроля, обозначенное стрелкой и присвоенный номер образца. Все отметки выполнены клеймением, специальными металлическим инструментом. На листах и сегментах труб большого диаметра имеется лишь клеймение, а вот для труб малого диаметра изготовлена и нанесена еще и координатная линейка. Во избежание коррозии на поверхность образцов нанесен тонкий слой масла.



Рисунок 35 – маркировка образца для визуально измерительного контроля.

Всего было подготовлено 8 образцов. Два образца стыковых сварных соединения пластин толщиной 10 мм из стали Ст3сп, размером 350x155x10 мм, шероховатость Rz 40.

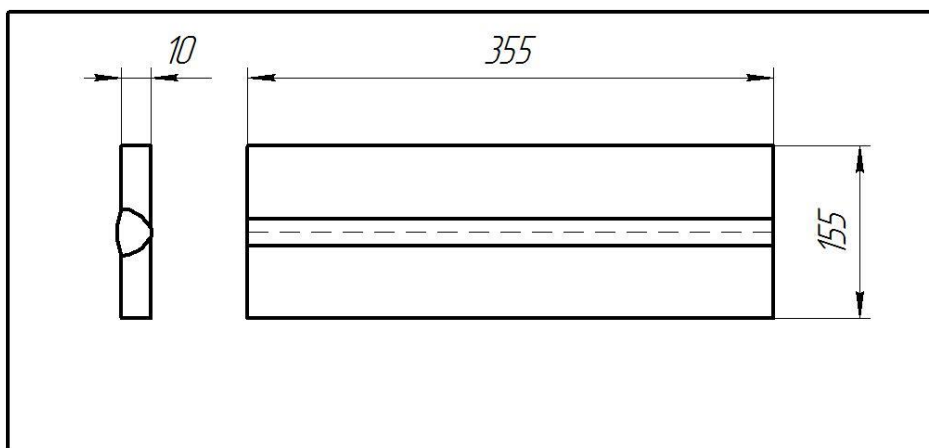


Рисунок 36 - стыковой сварной образец из пластин.

Два образца стыковых сварных соединения труб диаметром 159 мм и толщиной стенки 8 мм из стали 20, шероховатость Rz 40.

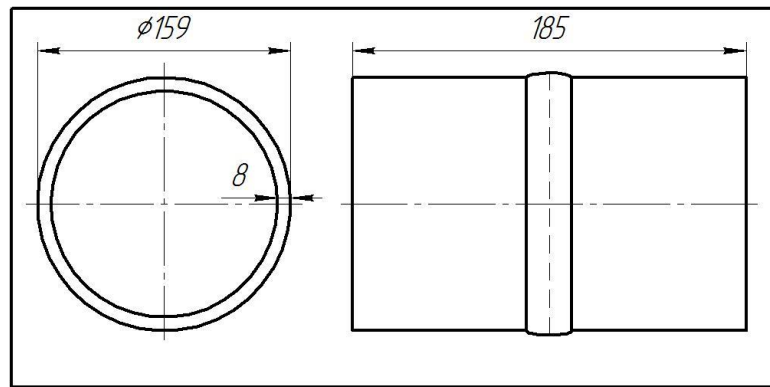


Рисунок 37 – Стыковой сварной образец из труб $\phi 159$.

Один образец стыкового сварного соединения труб диаметром 108 мм и толщиной стенки 4 мм из стали 20, шероховатость Rz 40 и один образец стыкового сварного соединения труб диаметром 48 мм и толщиной стенки 2,8 мм из стали 20, шероховатость Rz 40.

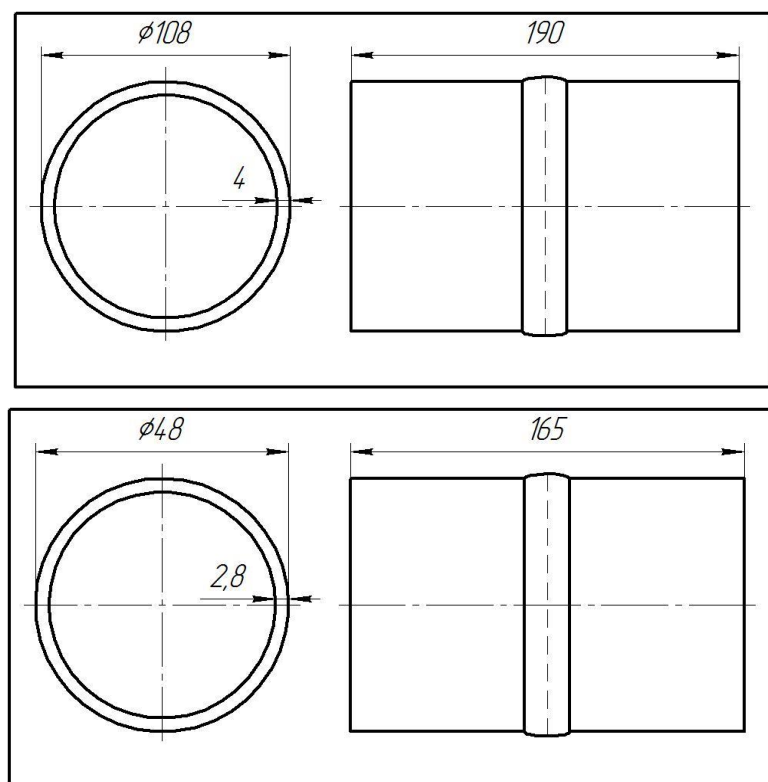


Рисунок 38 – Образцы из труб $\phi 108$ и $\phi 48$.

Два образца из сегмента сварного стыкового соединения труб диаметром 530 мм и толщиной стенки 8 мм из стали 20, шероховатость Rz 40.

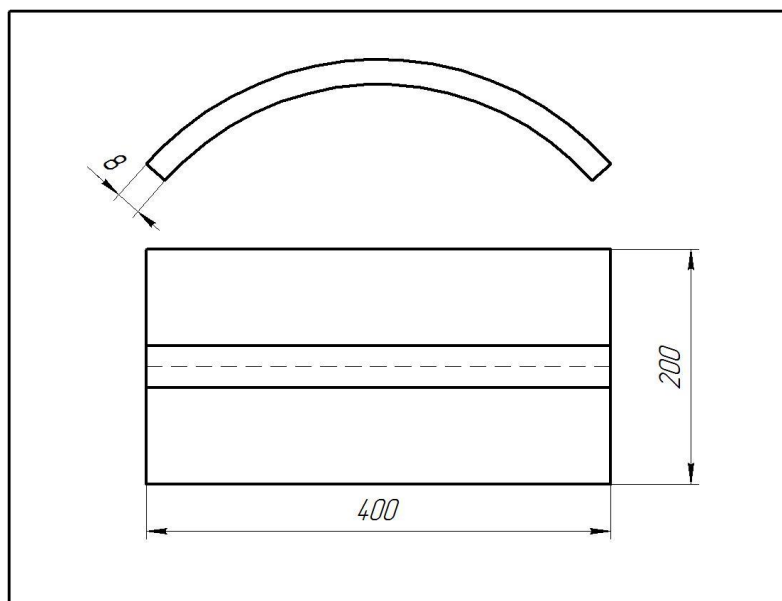


Рисунок 39 - Образец из сегмента сварной трубы $\varnothing 530$.

На каждом образце имеются различные типы поверхностных дефектов, начиная от ожога и заканчивая выходящей на поверхность поры. Все сварные швы выполнены ручной дуговой сваркой покрытым электродом, тип сварного соединения С17 по ГОСТ 5264-80.

Р а з м е р ы, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С17			От 3 до 5	8	±2	0,5	+1,5 -0,5
			Св. 5 до 8	12			
			Св. 8 до 11	16			
			Св. 11 до 14	19	±3		+2,0 -0,5
			Св. 14 до 17	22			
			Св. 17 до 20	26			
			Св. 20 до 24	30			
			Св. 24 до 28	34			
			Св. 28 до 32	38			
			Св. 32 до 36	42	±4		+2,0 -0,5
			Св. 36 до 40	47			
			Св. 40 до 44	52			
			Св. 44 до 48	54			
			Св. 48 до 52	56			
			Св. 52 до 56	60			
Св. 56 до 60	65						

Рисунок 40 - Основные геометрические характеристики Сварного соединения С17 по ГОСТ 5264-80.

Каждый образец был проконтролирован согласно РД 03-606-03 «ИНСТРУКЦИЯ ПО ВИЗУАЛЬНОМУ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ КОНТРОЛЮ». В качестве измерительного оборудования использовался стандартный набор ВИК, в состав которого входит:

- Нормативный документ РД 03-606-03;
- Фонарик карманный;
- Маркер по металлу;
- Лупа с подсветкой;
- Рулетка измерительная 200 см;
- Линейка измерительная 30 см;
- Штангенциркуль;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-2;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-3;

- Угольник поверочный;
- Набор щупов № 4 Кл. (0,1 - 1,0 мм);
- Набор радиусов №1(1-6 мм);
- Набор радиусов № 3 (7 - 25 мм);
- Сумка упаковочная.



Рисунок 41 – Стандартный комплект ВИК.

На каждый образец составлен паспорт. В паспорте образца имеется обозначение образца, его назначение, материал из которого изготовлен образец, основные измеренные геометрические характеристики, обнаруженные дефекты, их обозначение и привязка к началу контроля. Также в паспорте присутствует эскиз образца и дефектограмма с расположением дефектов.

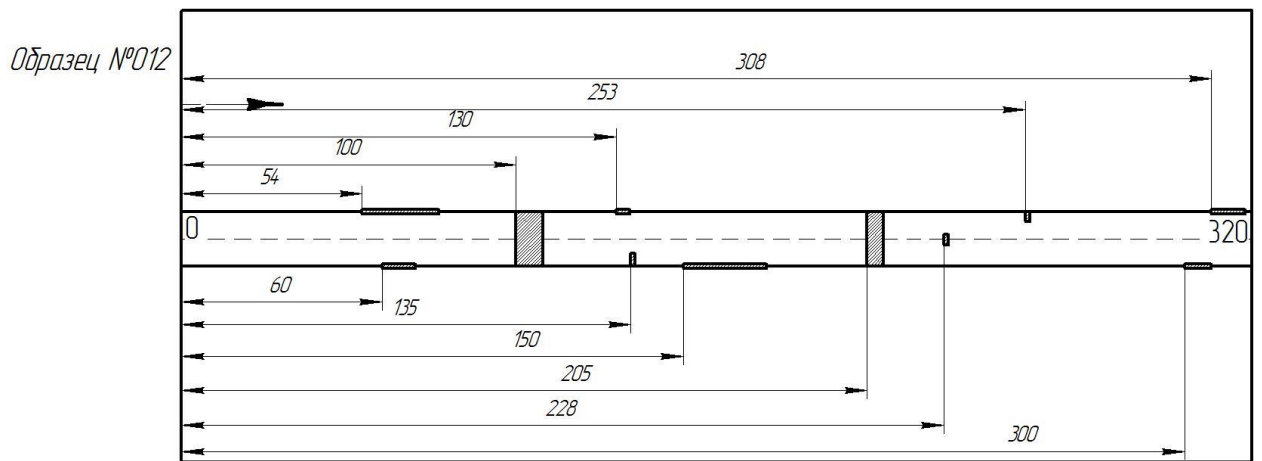


Рисунок 42 – Дефектограмма образца для проведения визуально измерительного контроля.

Описание выявленных дефектов проводилось по ГОСТ 30242-97 «ДЕФЕКТЫ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ ПЛАВЛЕНИЕМ».

Для проведения практических работ по рентгеновскому контролю были изготовлены радиографические снимки.

В качестве источников ионизирующего излучения использовались рентгеновские аппараты, как импульсного действия, так и источники постоянного потенциала.

Использование различных рентгеновских аппаратов обусловлено их характеристиками, использованием различных экранов при зарядке рентгеновских пленок и схем просвечивания.

Рентгеновский аппарат импульсного действия: Арина-7.



Рисунок 43 - Рентгеновский аппарат Арина 7.

Основные характеристики приведены в таблице 1:

Таблица 1. Основные характеристики рентгеновского аппарата Арина 7.

Характеристики	Арина-7	
Амплитуда напряжения на рентгеновской трубке, кВ	250	
Экспозиционная доза рентгеновского излучения на расстоянии (500±20) мм от торца рентгеновского блока в прямом пучке за 1,5 мин, не менее, мкКл/кг (мР)	258,7 (1000)	
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью экранами, мм	до 40	
Диаметр фокусного пятна, мм	2,5	
Напряжение питания	однофазная сеть переменного тока (220 - 230) В, (50 ± 1) Гц батарея аккумуляторов (24 ± 3) В	
Потребляемая мощность, Вт, не более	250	
Рентгеновский блок	масса, кг	7,9
	длина, мм	515
	ширина, мм	140
	высота, мм	210
	масса, кг	6,0
Пульт управления	длина, мм	310
	ширина, мм	260
	высота, мм	150

Рентгеновские аппараты постоянного действия: Март-250.



Рисунок 44 - Рентгеновский аппарат Март-250.

Основные характеристики приведены в таблице 2:

Таблица 2 - Основные характеристики рентгеновского аппарата Март 250.

Технические характеристики	МАРТ-250
Рабочее напряжение на рентгеновской трубке, кВ	130 ÷ 250
Доза рентгеновского излучения в прямом пучке на расстоянии 500 мм от фокуса трубки за 1 мин, Р	5
Максимальные размеры фокусного пятна при максимальной анодной мощности, мм	0,9 × 1,4
Максимальная толщина просвечиваемой стали с фокусного расстояния 700 мм за время экспозиции 10 мин, мм	30 (D7 + Pb) 40 (F8 + RCF) 50 (F8 + NDT 1200)
Максимальная анодная мощность, Вт	200
Напряжение питания аппарата, однофазная сеть переменного тока, В	220±22
Частота однофазной сети переменного тока, Гц	50±1
Максимальное время нахождения рентгеновской трубки под напряжением, минут, не более	10
Минимальное время паузы после экспозиции	не менее времени предыдущей работы
Метод просвечивания	направленный

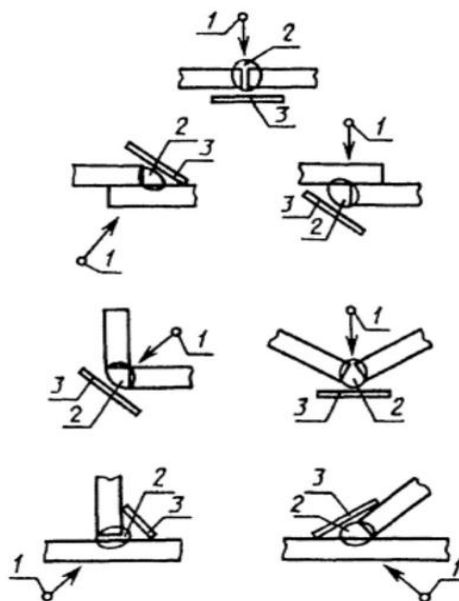
Диапазон рабочих температур, °С	-20 ÷ +40
Вес излучателя, кг	9
Габариты излучателя, мм	580 × 140 × 190
Вес пульта управления, кг	4
Габариты пульта управления, мм	330 × 260 × 170

Образцами для проведения контроля были:

- Стыковая сварная труба Ø530, толщиной 10 и 16мм.
- Стыковой сварочный шов пластины толщиной 10 мм., длиной 300мм

В качестве детекторов ионизирующего излучения использовалась рентгеновская пленка KODAK INDUSTREX High Speed HS800. Даная рентгеновская пленка может использоваться как с металлическим усиливающими экранами, так и с металлофлюоресцентными экранами. Благодаря эмульсионной технологии T-GRAIN, пленка Carestream (Kodak) INDUSTREX HS800 обладает высоким быстродействием и контрастностью. Эта среднезернистая пленка может обрабатываться как в химикатах для проявочных машин по укороченному 5-минутному циклу, так и по 2-минутному циклу при ручной обработке. Независимо от условий работы получают снимки с высоким глянцем и качественным изображением холодного чистого тона.

Для контроля пластин использовался аппарат Март 250(U-150kV; А-3мА; фокусное расстояние 500мм.), схема просвечивания согласно ч.4 по ГОСТ 7512-80.

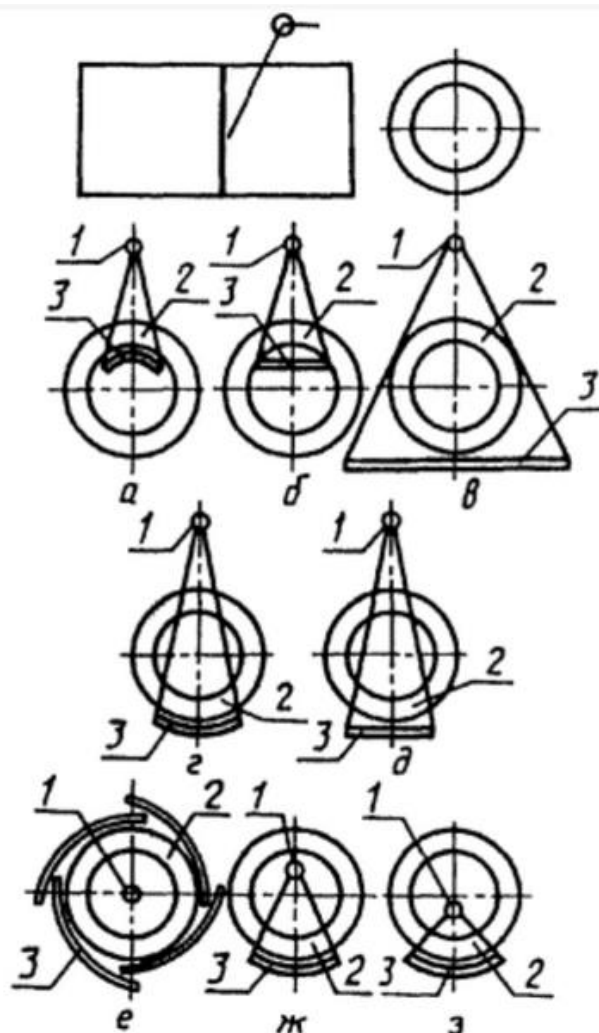


1 - источник излучения; 2 - контролируемый участок; 3 - кассета с пленкой.

Рисунок 45 – Схема просвечивания пластины.

Для контроля была использована пленка HS800 в паре с металлическими свинцовыми экранами толщиной 0,2 мм.

Для контроля сварного соединения труб использовался рентгеновский аппарат импульсного действия Арина-7, по схеме 5-е по ГОСТ 7512-80.



1 - источник излучения; 2 - контролируемый участок; 3 - кассета с пленкой.

Рисунок 46 – Схема просвечивания трубы.

Для контроля была использована пленка HS800 в паре с усиливающими металлофлуоресцентными экранами AGFA RCF.

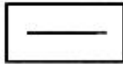
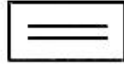
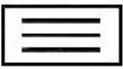

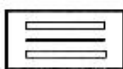



Способ зарядки	Наличие пленок в кассете	
	одна	две
Без экранов		
С усиливающими металлическими экранами		
С усиливающими флуоресцирующими экранами		
С усиливающими металлическими и флуоресцирующими экранами		
<p>— - радиографическая пленка;</p> <p>— — - усиливающий металлический экран;</p> <p>— — — - усиливающий флуоресцирующий экран.</p>		

Рисунок 47 – Схема зарядки рентгеновской пленки.

Обработка проводилась вручную (в кюветах), в растворе набора концентратов для обработки рентгеновских снимков (AGFA G128 и AGFA G328) Режимы обработки рентгеновских снимков:

Проявка 4-6 минут при температуре 24-28⁰С, с постоянным перемешиванием;

Промежуточная промывка 3-5 минут: проточная вода при температуре 18-24 ⁰С;

Фиксирование пленок 4-10 минут при температуре 24-28⁰С, с постоянным перемешиванием;

Окончательная промывка в проточной воде при температуре 18-24 ⁰С.

Сушка в повешенном состоянии, до естественного высыхания.

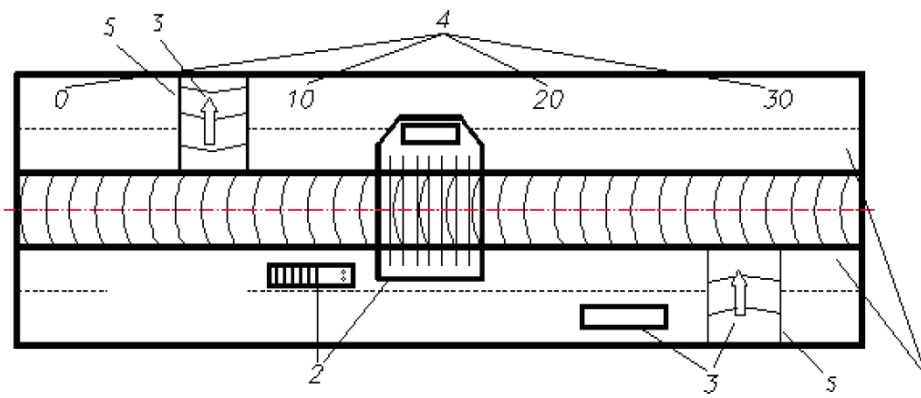
По результатам радиографического контроля к пленке по ГОСТ 7512-80 предъявляется ряд требований, таких как:

- на снимках не должно быть пятен, полос, загрязнений и повреждений эмульсионного слоя, затрудняющих их расшифровку;
- на снимках должны быть видны изображения ограничительных меток, маркировочных знаков и эталонов чувствительности;
- оптическая плотность изображений контролируемого участка шва, околошовной зоны и эталона чувствительности должна быть не менее 1,5;
- уменьшение оптической плотности изображения сварного соединения на любом участке этого изображения по сравнению с оптической плотностью изображения эталона чувствительности не должно превышать 1,0.

В качестве эталонов чувствительности использовались как канавочные эталоны чувствительности № 11 по ГОСТ 7512-80, так и проволочные эталоны чувствительности по ISO 19232-1 набор W10. Требуемая чувствительность II класс по ГОСТ 7512-80.

Для просмотра использовался - осветительный негатоскоп повышенной яркости НГС-1, для оценки оптической плотности – денситометр ДНС-2, а для оценки размеров несплошности - трафарет для расшифровки рентгеновских снимков от НПП «Параллакс».

Расположение эталонов чувствительности и маркировки представлено на рисунке №48.



1 – зона контроля сварного соединения; 2 – эталоны чувствительности (проволочный, канавочный); 3 – маркировочные знаки; 4 – мерный пояс; 5 – продольный сварной шов

Рисунок 48 – Расположение эталонов и маркировочных знаков на снимке.

Для оценки полученных снимков использовалась действующая НТД: РД-25.160.10-КТН-016-15 ч2. С Изм1.

Нормы, предъявляемые к выявленным несплошностям, представлены на рисунке 49 и 50.

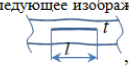

№ п/п	Тип дефекта	Критерий идентификации изображений	Характеристика допустимого дефекта для трубопровода/участка трубопровода		
			Категория В	Категория I	Категории II, III и IV
1	2	3	4	5	6
1	Внутренние и выходящие на поверхность дефекты				
1.1	Единичные сферические и удлиненные поры (Aa), каналные поры (Ak), единичные компактные шлаковые включения (Ba)	Непротяженный дефект (a/b не более 3)	l не более $0,5 S$, но не более 5 мм. t не более 3 мм. Суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм		l не более $0,5 S$, но не более 7 мм. t не более 3 мм. Суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 50 мм
1.2	Скопление пор (Ac), скопление шлаковых включений (Bc), цепочка пор (Ab), печочка шлаковых включений (Bb)	Группа дефектов (три и более дефекта, расстояние между ближайшими краями которых P не более трех максимальных размеров b из двух рассматриваемых соседних дефектов, иначе дефекты являются одиночными)	l не более $2 S$, но не более 15 мм. Суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм		l не более $2 S$, но не более 30 мм. Суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм
1.3	Непровары (Da), несплавления (Dc), удлиненные зашлакованные карманы (Dd), внутренний подрез (Fc)	Протяженный дефект, расположенный вдоль шва (a/b более 3)	Если при просвечивании получается следующее изображение  то l не более $0,5 S$ но не более 3 мм; t не более 1 мм; суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм	то l не более $2 S$ но не более 30 мм;	Если при просвечивании получается следующее изображение  то l не более $2 S$ но не более 50 мм; h не более $0,1 S$ но не более 1 мм; t не более 3 мм; суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 50 мм

Рисунок 49 – нормы оценки радиографических снимков.

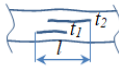
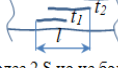
№ п/п	Тип дефекта	Критерий идентификации изображений	Характеристика допустимого дефекта для трубопровода/участка трубопровода		
			Категория В	Категория I	Категории II, III и IV
1	2	3	4	5	6
			<p>Расположение изображений протяженных дефектов, указанное на рисунке, недопустимо для любого значения протяженности:</p> 	<p>Если при просвечивании получается следующее изображение</p>  <p>то l не более $2S$ но не более 30 мм; h не более $0,1S$ но не более 1 мм; t_1 не более 3 мм; t_2 не более 3 мм; суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм</p>	
1.4	Трещины (E)	-	В сварных соединениях труб, выполненных с внутренней подваркой, непровары (Da) в корне шва на участках подварки не допускаются		
2	Наружные дефекты				
2.1	Вогнутость корня шва (Fa)	Локальный темный участок, расположенный в зоне, соответствующей корневому шву	h не более $0,2S$, но не более 1 мм; l не более 50 мм; суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 50 мм. Плотность изображения на радиографическом снимке не должна превышать плотности изображения основного металла		
	Превышение проплава (Fb)	Локальный светлый участок, расположенный в зоне, соответствующей корневому шву	h не более 3 мм; l не более 30 мм; суммарная протяженность на оценочном участке 300 мм не более 30 мм		
	Дефект сборки, шлифовка околошовной зоны (Fe)	Локальный темный участок, расположенный в околошовной зоне	Плотность изображения на радиографическом снимке не должна превышать плотности изображения основного металла		
	Западание между валиками				
	Наружный подрез				
	Смещение кромок				
	Чешуйчатость		Оценку проводят методом ВИК		

Рисунок 50 – Нормы оценки радиографических снимков.

Результаты расшифровки радиографических снимков, с определенной чувствительностью, величиной оптической плотности и оценкой по НТД представлены в Приложении 2.

Таблица 3 – Пример расшифровки радиографического снимка.

Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
Ø530*16	2BRM 1 (0-28)	2,1	0,2	Ac 5*7-1,5; Ac 7+5-1,5*2,0; Ac 4*4-1,5; Ba 5*5; 2Aa 1,0; 3Aa 0,8	
	2BRM 1 (27-56)	2,1	0,2	3Fc ₂ 4; Aa 1,2*3,0	
	2BRM 1 (55-85)	2,2	0,2	3Aa 0,6; Fa 5; Ac 6*12-1,5; Ac 3*7-1,5; Bd 15*1,5	
	2BRM 1 (84-114)	2,5	0,2	2Fa 5; Ac 5*13-1,5; Aa 1,2; Da 10; 2 Da 5; Aa 1*2; Aa1,0	
	2BRM 1 (111-141)	2,3	0,3	Da 7; Da 5; Da 2; 9Aa 0,8; Aa 1,0; Ac 5*9-0,8	
	2BRM 1 (140-0)	2,4	0,2	2Aa 0,8; 2Aa1,0; Ac 5*7-1,5	
Лист 10	2BRM 3	2,1	0,2	5 Aa0,8; Bd 13*0,8; Bd 7*0,6; Bd 3*0,6; Bd 13*0,8;	Не годен

Сокращенные обозначения, используемые для описания дефектов соответствуют ГОСТ 7512-80 и РД-25.160.10-КТН-016-15 ч2. С Изм1.

Подробное описание сокращенной записи дефектов представлено в таблице №4.

Таблица 4 – Описание сокращенной записи дефектов.

№ п/п	Описание дефекта	Пример записи дефекта
1	2	3
1	Единичная сферическая пора диаметром 1 мм глубиной более допустимой	Aa1,0>
2	Единичная удлиненная пора протяженностью 7 мм, шириной 2 мм и глубиной менее допустимой	Aa7,0×2,0≤
3	Цепочка пор протяженностью 25 мм с максимальным размером поры 2 мм; глубина отдельной поры, входящей в цепочку, превышает допустимое значение	Av25-2>
4	Скопление пор протяженностью 25 мм, шириной 10 мм, с максимальным размером поры 2 мм; глубина отдельной поры, входящей в скопление, превышает допустимое значение	Ac25×10-2>
5	Канальная, в т. ч. «червеобразная» пора протяженностью 10 мм, с шириной 2 мм и глубиной менее допустимой	Ak10×2,0≤
6	Единичное компактное шлаковое включение протяженностью 5 мм, с шириной 2 мм и глубиной менее допустимой	Ba5,0×2,0≤
7	Удлиненные включения (зашлакованные карманы) с обеих сторон шва протяженностью 10 мм, шириной 0,5 мм и глубиной более допустимой	Bd10×0,5>
8	Удлиненные включения (зашлакованные карманы) с обеих сторон шва протяженностью 10 мм, шириной 1 мм и глубиной более допустимой	Bd20×1,0>
9	Непровар в корне шва протяженностью 20 мм и глубиной более допустимой	Da20>
10	Несплавления межслойные протяженностью 100 мм	Dc ₁ 100
11	Несплавления по разделке кромок (внутренние) протяженностью 300 мм	Dc ₂ 300
12	Трещина вдоль шва протяженностью 100 мм	Ea100
13	Трещина поперек шва протяженностью (раскрытием) 1,0 мм и шириной 15 мм	Eb15
14	Трещина, разветвлённая протяженностью 30 мм	Ec30
15	Вогнутость корня шва (утяжина) протяженностью 15 мм и высотой более допустимой	Fa15>
16	Выпуклость корня шва (провис) протяженностью 10 мм и высотой более допустимой (высота определена при помощи имитатора)	Fb10>
17	Подрез внутренний одностороннего шва протяженностью 40 мм и глубиной более допустимой	Fc ₂ 40>
18	Подрез наружный протяженностью более допустимой	Fc ₁ 50
19	Смещение кромок наличие дефекта	Fd
20	Суммарная протяженность объемных дефектов на участке сварного соединения длиной 300 мм равна 45 мм	Σ ₃₀₀ -45

№ п/п	Описание дефекта	Пример записи дефекта
1	2	3
21	Суммарная протяженность непроваров в корне одностороннего шва на участке сварного соединения длиной 300 мм равна 30 мм	$\Sigma_{300}Da-30$
22	Скопление шлаковых включений протяженностью 10 мм, шириной 10 мм, с недопустимым размером максимального шлакового включения протяженностью 3 мм и шириной 1 мм; глубина максимального шлакового включения, входящего в скопление, не превышает допустимое значение	$Vc10x10-3x1 \leq$

Все радиографические снимки, полученные для модернизации лабораторного практикума, были оцифрованы на профессиональном сканере Epson Expression 11000XL.

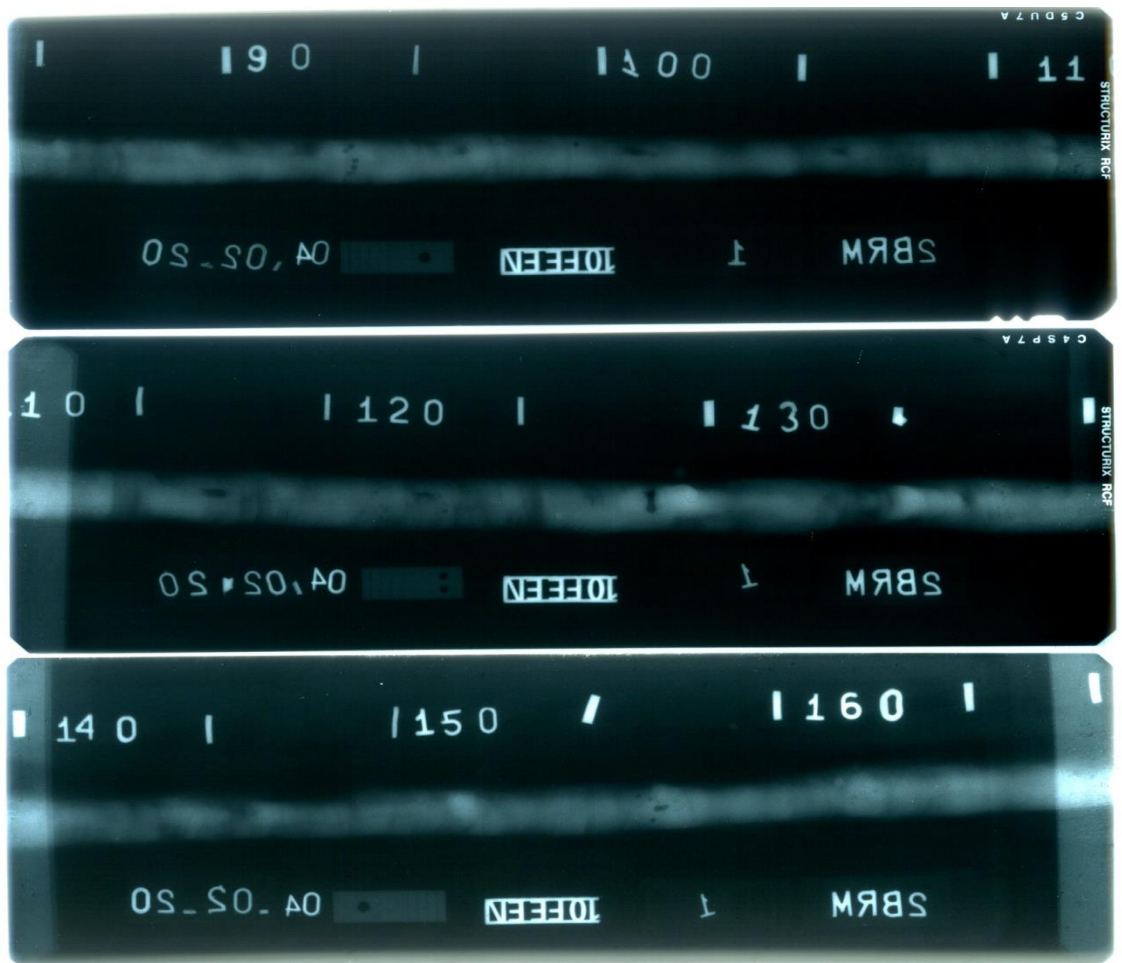


Рисунок 51 – Оцифрованные радиографические снимки.

На котором высокое качество достигается благодаря разрешению сканирования в 2400x4800 dpi. и максимальной оптической плотности в 3.8D. Глубина цвета у данного сканера составляет 48 бит. Максимальная область сканирования - 310 x 437 мм. В комплекте со сканером поставляется

профессиональное ПО для сканирования и обработки изображений – SilverFast Ai 8. Silverfast является лидером среди программного обеспечения для сканеров, цифровых фотокамер в области обработки изображений.



Рисунок 52 – Профессиональный сканер Epson Expression 11000XL.

3.3 Опробование разработанных рекомендаций, методического и материального обеспечения модернизации лабораторного практикума по контролю качества сварных и паяных соединений

В ходе выпускной работы были разработаны методические указания по проведению практических работ по визуально измерительному контролю, изготовлены образцы для проведения практических работ по визуально измерительному контролю и радиографическому контролю. Подготовленные радиографические снимки были оцифрованы и расшифрованы по действующей НТД. Изготовленные образцы в последствии будут переданы в университет и могут быть использованы для проведения практических работ по неразрушающему контролю, а разработанное методическое пособие использоваться, в случае включения практических работ по визуально измерительному контролю.

Были предложены ряд мер по совершенствованию лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных конструкция». Их реализация вполне возможна, но требует незначительных материальных вложений и заключения договора с руководством университета для проведения ознакомительных экскурсий. Проведенная экскурсия в ООО «ССДЦ «Дельта» помогла студентам группы МСп-1602 ознакомиться с современным образцами оборудования, как для неразрушающего контроля, так и разрушающего контроля качества сварных конструкций.

Заключение

В рамках выпускной магистерской работы на тему: Модернизация лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных соединений» были рассмотрены основные дефекты сварных и паянных соединений, требования предъявляемые к качеству этих соединений и наиболее распространенные методы неразрушающего контроля для выявления дефектов. Был проанализирован существующий курс лабораторного практикума по дисциплине «Контроль качества сварных конструкций», выявлены недостатки и разделы нуждающиеся в модернизации. Обоснована актуальность работы и обозначена цель работы. Согласно цели сформированы задачи необходимые для ее реализации.

Внесенные предложения могут в значительной степени повысить качество получаемых студентами знаний, в частности:

1. Проведение практических работ по визуально измерительному контролю позволит студентам приобрести практические навыки по самому востребованному, дешевому и необходимому виду контроля.
2. Обновление радиографических снимков для проведения практических работ по рентгеновскому контролю познакомит студентов с наиболее распространенными видами внутренних дефектов.
3. Использование более современного дефектоскопа при проведении практических работ по ультразвуковому контролю повысит уровень приобретаемых знаний о ультразвуковом контроле.
4. Проведение ознакомительных экскурсий на предприятия города для ознакомления студентов с современным оборудованием.

Проведен анализ возможностей ООО «ССДЦ « Дельта» в области контроля качества сварных конструкций и возможность проведения ознакомительных экскурсий для студентов. Изучены разрешительные документы и область распространения деятельности согласно законодательных и нормативных документов. Произведен обзор имеющегося оборудования, настроечных образцов и расходных материалов для проведения неразрушающего контроля. Так же для студентов группы МСп-1602 была проведена ознакомительная экскурсия на базе ООО «ССДЦ « Дельта». В ходе экскурсии студенты посетили как лабораторию неразрушающего контроля, так и лабораторию разрушающего контроля.

В заключительной части работы были изготовлены образцы для проведения практических работ по визуально измерительному контролю в количестве 9 штук, на каждый образец составлен паспорт с описанием всех имеющихся дефектов и основными параметрами сварного соединения. Так же были изготовлены радиографические снимки для проведения практических работ по радиографическому контролю, описаны все этапы изготовления, используемое при этом оборудование, расходные материалы и режимы контроля. Произведена оцифровка снимков и разбраковка по действующей нормативно технической документации. Для проведения практических работ по визуально измерительному контролю было разработано методическое указание, использование которого еще не одобрено.

К сожалению, отсутствует оборудование для проведения практических работ визуально измерительного контроля. Предложено приобретение минимального набора инструментов для проведения практических работ по визуально измерительному контролю.

Список используемой литературы

1. Алёшин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Алёшин Н.П. – М.: Машиностроение, 2013. – 576с.: ил. – ШЫИТ 978-5-94275-695-6
2. Рабочая программа дисциплины. Производство сварных конструкций (учебный курс «Контроль качества сварных конструкций»). [Текст] // электронный ресурс: http://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site3027/html/media72550/150202_65_%20021.pdf
3. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с Изменением N 1).
4. ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением.
5. ГОСТ 24715-81 Соединения паяные. Методы контроля качества.
6. ГОСТ 22851-77 Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Основные положения.
7. ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества.
8. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА. // электронный ресурс: https://studopedia.ru/3_25581_tema-_metodi-opredeleniya_-i-normirovanie-pokazateley-kachestva.html
9. Дефекты сварных соединений. // электронный ресурс: <https://extxe.com/1060/defekty-svarnyh-soedinenij/>
10. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО КУРСУ «КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ». // электронный ресурс:

http://bestreferat.net/category94/71313-Kontrol_kachestva_svarnyh_soedineniiy.html

11. Рентгеновский аппарат МАРТ-250 // электронный ресурс:
<http://www.ntcexpert.ru/rk/m101/1197-rentgenovsky-apparat-mart-250>
12. Рентгеновский аппарат РПД-200 // электронный ресурс:
<http://www.ntcexpert.ru/rk/m101/154-s154>
13. Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03- 606–03). Серия 03. Выпуск 39 / Кол л. авт. — М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2006. — 104 с.
14. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением N 1)
15. ISO 19232-1:2013 Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators
16. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. Non-destructive testing. Welded joints. Ultrasonic methods
17. ISO 14096-2:2005 Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitisation systems – Part 2: Minimum requirements
18. Крауткремер Й., Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов. М.: Металлургия, 1991. - 752 с.
19. Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2 т. Т.1/ под ред. – М.: Машиностроение, 2004. - 478с.
20. J.C.Drury. Ultrasonic flaw detection for technicians. 3rd edition. Silwerwing Limited, Llandarcy, 2004.

21. А.А. Антонов, Е.М. Вышемирский, О.Е. Капустин, А.К. Прыгаев. Неразрушающий контроль сварных конструкций в нефтегазовых отраслях: Учебное пособие /— М.: Издательство «Спутник +», 2014. – 238с.
22. Olympus NDT. Advances in Phased Array Ultrasonic Technology Applications. USA, Waltham, 2007.
23. Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 272с.
24. Inspection and monitoring. Kai-Tung Ma, ... Yongyan Wu, in Mooring System Engineering for Offshore Structures, 2019
25. Каневский, И.Н., Сальникова, Е.Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с.
26. J MFARLEY. Non-destructive Testing '92 1992, Pages 125-129
27. Product information. SITEX CP300D. // электронный ресурс: <http://www.teledyneicm.com/products/ndt/cp300d/>
28. Антонов А.А. Визуальный и измерительный контроль. Методическое пособие // электронный ресурс: http://www.gubkin.ru/faculty/mechanical_engineering/chairs_and_departments/welding_and_oil-field_facility_monitoring/Lab_Rab/25-02-2016/vic.pdf
29. ГОСТ Р 56512-2015 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы. Non-destructive testing. Method of magnetizing particle testing. Standard technological processes.

30. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы.
Общие требования. Nondestructive testing.
Capillary methods. General requirements.

Приложение А

Методическое пособие по проведению практических работ по визуально-измерительному контролю

Цель работы.

Получить практические навыки проведения визуально-измерительного контроля.

1. Физические основы визуально-измерительного контроля.

Среди всех методов контроля особое место занимает Визуальный и Измерительный контроль (ВИК).

Данный метод контроля основан, в первую очередь, на возможностях человеческого организма. В первую очередь – на возможностях зрения. Т.е. объект контроля исследуется в видимом излучении.

Это единственный вид НК, который может выполняться без какого-либо дорогостоящего и сложного оборудования и проводиться с использованием простейших измерительных средств.

«С помощью визуального контроля можно обнаруживать отклонения формы деталей и изделий, изъяны материала и обработки поверхности, а также другие дефекты: остаточную деформацию, поверхностную пористость, крупные трещины, подрезы, риски, задиры, эрозионные и коррозионные поражения, следы наклепа и др. Визуально определяют состояние защитных покрытий, контролируют качество изделий по их цвету и осуществляют другие контрольные функции.» [28]

«Оптические приборы позволяют намного расширить пределы естественных возможностей глаза. Вследствие преломления лучей в оптической системе приборов увеличивается угловой размер рассматриваемого объекта. Острота зрения и разрешающая способность

глаза увеличиваются примерно во столько раз, во сколько увеличивает оптический прибор. Это позволяет видеть мелкие объекты, размеры которых находятся за пределами границы видимости невооруженного глаза, а также мелкие детали видимых невооруженным глазом объектов. При этом облегчается анализ их природы и вида.» [28]

Оптические приборы-эндоскопы позволяют осматривать детали и поверхности элементов конструкций, скрытые близлежащими деталями и не доступные прямому наблюдению, контролировать состояние внутренней поверхности различных закрытых конструкций.

«Визуальный контроль с применением оптических приборов называют визуально-оптическим. Он предназначен для обнаружения различных поверхностных дефектов материала деталей, скрытых дефектов агрегатов, контроля закрытых конструкций, труднодоступных мест механизмов и машин (при наличии каналов для доступа приборов к контролируемым объектам). Контроль проводится путем наблюдения деталей и изделий в видимом свете. При контроле используются оптические приборы, создающие полное изображение проверяемой зоны, ее видимую картину.» [28]

Визуально-оптический контроль так же, как и визуальный осмотр, - наиболее доступный и простой метод обнаружения поверхностных дефектов деталей. Оптические средства контроля используют на различных стадиях изготовления изделий, деталей и конструкций, а также в процессе регламентных работ и осмотров, проводимых при эксплуатации техники и ее ремонте.

Основные преимущества данного метода - простота контроля, несложное оборудование, сравнительно малая трудоемкость; недостатки - невысокие достоверность и чувствительность. Поэтому визуально оптический контроль применяют в следующих случаях:

- для поиска поверхностных дефектов (трещин, коррозионных и эрозионных повреждений, забоин, язв, открытых раковин, пор и др.) при визуально-оптическом контроле деталей;

- обнаружения крупных трещин, мест разрушения элементов конструкций, остаточной деформации скрытых или удаленных элементов конструкций, течей, загрязнений, а также различных посторонних предметов внутри закрытых конструкций;

- анализа характера и определения типа поверхностных дефектов, обнаруженных при контроле деталей каким-либо методом дефектоскопии (ультразвуковым, токовихревым, цветным и др.).

В связи с тем, что с возрастанием увеличения оптических приборов существенно сокращается поле зрения и глубина резкости, снижаются

производительность и надежность контроля, для осмотра деталей в основном применяют оптические приборы с увеличением не более 20-30 крат.

Дефекты даже относительно больших размеров, невидимые невооруженным глазом из-за малого контраста с фоном, при использовании оптических приборов, как правило, не обнаруживаются.

ВИК позволяет обнаруживать поверхностные дефекты размером более 0,5мм. Применение увеличительных средств позволяет несколько уменьшить этот показатель.

Визуально-измерительный контроль нормируется Инструкцией по визуальному и измерительному контролю» РД 03-606-03.

ВИК отличается от всех остальных методов НК, кроме прочего, тем, что он применяется практически всегда. Т.е. на всех сварных конструкциях.

2.1 Особенности восприятия изображения глазом человека

Видимость объектов

«Под видимостью понимают степень различимости объектов при их наблюдении. Для НК существенное значение имеет видимость близко расположенных объектов, которая зависит от продолжительности просмотра, а также от следующих основных факторов: контраста, яркости, цвета, угловых размеров объектов, резкости их контуров и условий освещения.» [19]

«Каждому из указанных свойств соответствует свой абсолютный порог видимости, ниже которого предмет не может быть виден, сколь бы благоприятны ни были условия наблюдения с точки зрения других факторов. Например, при слишком малой яркости или очень малом контрасте предмет нельзя сделать видимым никаким увеличением угловых размеров или продолжительности рассматривания.» [19]

Видимость близко расположенных объектов зависит также от положения источников света (при ослепляющем их воздействии видимость снижается) и спектрального состава их излучения. Однако наиболее важными условиями видимости считают контраст и угловые размеры объекта.

«Под контрастом понимают свойство объектов выделяться на окружающем фоне благодаря различию их оптических свойств. Различают последовательный и одновременный контрасты. Последовательный контраст заключается в изменении визуальной оценки объекта в зависимости от того, какой свет ранее действовал на тот же участок сетчатки. Явление последовательного контраста должно учитываться при оборудовании рабочих мест, где проводится осмотр деталей и изделий.» [19]

«Одновременный контраст объясняется различием излучения нескольких видимых одновременно объектов, которые кажутся контролеру находящимися в непосредственном соприкосновении. Способность глаза замечать различие таких объектов называют контрастной чувствительностью зрения. Контрасты, различаемые контролером, разделяют на яркостные и цветовые. В первом случае два излучения производят на глаз впечатления одинаковые по цветности, но разные по яркости. Во втором случае впечатления различаются по цветности. За меру яркостного контраста чаще всего принимают отношение» [28]

$$K = \frac{V_{\phi} - V_o}{V_{\phi}}$$

где V_o - яркость рассматриваемого объекта; V_{ϕ} - яркость окружающего фона. При $K > 0,5$ контраст считается большим, при $0,2 < K < 0,5$ - средним, при $K \leq 0,2$ - малым.

«Наиболее отчетливое восприятие изображения возможно при максимальном контрасте между объектом и фоном. При этом сила действия контраста прямо пропорциональна разности коэффициентов отражения поверхностей объекта и фона. Максимального яркостного контраста можно достигнуть при использовании белого и черного цветов, которые имеют соответственно наибольший и наименьший коэффициенты отражения. При солнечном освещении коэффициент отражения составляет 65-80 % - для белого и 3-10 % - для черного цвета; яркостный контраст - 85-95 %.» [28]

«Сравнение величин контраста между черным и белым, а также хроматическими цветами показывает, что наибольший контраст черного цвета с фоном достигается при желтом и белом цвете последнего. Белый цвет образует наибольший контраст из числа хроматических цветов с красным

цветом. Меньше величина контраста белого с зеленым, еще меньше - белого с синим.» [28]

«В работе глаза существенную роль играет минимальная величина яркостного контраста, которую контролер еще способен различать. Эта предельно малая величина контраста называется порогом контрастной чувствительности глаза ($K_{пор}$). Порог контрастной чувствительности для большинства людей составляет 0,01-0,02 (т.е. 1-2 %) при наблюдении в дневных условиях объектов с угловыми размерами не менее $0,5^\circ$ при оптимальных условиях осмотра.» [19]

«В реальных условиях осмотра, особенно при поиске мелких дефектов на поверхности деталей, пороговый контраст составляет около 0,05 (5 %), иногда больше, что объясняется малой яркостью дефектов, их небольшими угловыми размерами и другими факторами. Пороговое значение контрастной чувствительности увеличивается также при снижении освещенности осматриваемых объектов.» [28]

Отношение величины наблюдаемого контраста K к величине порогового контраста $K_{пор}$ при данных условиях определяет видимость объекта V :

$$V = \frac{K}{K_{пор}}$$

«При наблюдаемом контрасте 15-20 % и пороговом контрасте 5 % видимость дефектов на поверхности деталей составляет 3-4. Однако при наблюдаемом контрасте, близком к нулю, их видимость также будет близка к нулю. Следовательно, некоторые даже крупные дефекты не могут быть обнаружены глазом из-за малого контраста на поверхности деталей.» [28]

Временные характеристики зрения

«Время, необходимое для возникновения зрительного ощущения у человека, зависит от яркости объекта и длины волны и в среднем колеблется от 0,025 до 0,1с. При осмотре цветных объектов скорость возникновения ощущения и его сила возрастают по мере перехода от цветов коротковолнового участка спектра к цветам длинноволнового. С изменением интенсивности освещения порядок нарастания скорости зрительного ощущения различных цветовых тонов не изменяется.» [28]

«Глаз, как и любая реагирующая система, обладает инерцией. Возникшее световое ощущение исчезает не сразу. Поэтому быстро движущаяся точка представляется в виде светящейся линии, а мелькающий свет при достаточно высокой частоте не отличим от постоянного. Критическая частота слияния мельканий зависит от амплитуды колебаний (контраста) и обычно не превышает 50 Гц.» [28]

Количество информации, которое может быть воспринято зрительной системой человека в единицу времени, ограничено. Это связано с падением разрешающей способности и контрастной чувствительности при уменьшении времени наблюдения и анализа объекта.

«При осмотре объекта его детали, привлекающие внимание, поочередно проецируются на центральную ямку сетчатки, обладающую максимальной разрешающей способностью. Глаз в процессе наблюдения то относительно неподвижен, то резким скачком поворачивается на угол до 10-20°. В среднем происходит 2-5 скачков в 1 с. При этом скорость луча зрения, скользящего по детали, достигает 300-400 мм/с. Трещины длиной 2-5 мм при такой скорости осмотра могут быть не обнаружены, так как продолжительность их осмотра мала (0,005-0,01 с), и зрительное ощущение

не успеет сформироваться. Эти ограничения должны учитываться при контроле деталей способами визуального наблюдения.» [28]

2.2 Приборы для обнаружения и контроля мелких близкорасположенных объектов

Комплект оборудования для ВИК (рисунок 1) может включать в себя:



Рисунок 1 – Стандартный комплект ВИК

- Нормативный документ РД 03-606-03;
- Фонарик карманный;
- Маркер по металлу;
- Лупа с подсветкой;
- Рулетка измерительная 200 см;
- Линейка измерительная 30 см;
- Штангенциркуль;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-2;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-3;
- Угольник поверочный;
- Набор щупов № 4 Кл. (0,1 - 1,0 мм);
- Набор радиусов №1(1-6 мм);
- Набор радиусов № 3 (7 - 25 мм);
- Сумка упаковочная.

Универсальные шаблоны сварщика. Простейшие устройства, предназначенные для контроля внешних характеристик сварного соединения.

УШС-2 предназначен для контроля катетов угловых швов в диапазоне 4-14мм (рисунок 2). Контроль проводится ступенчатым методом определения до минимального зазора.

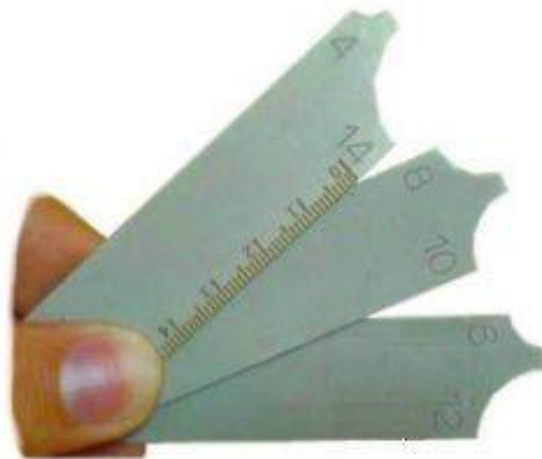


Рисунок 2 – УШС-2

«УШС-2 состоит из 3-х лепестков и 1 соединительного кольца. Каждый из лепестков имеет точно выполненные выточки определенного катета. Для удобства контроля рядом с каждой выточкой выбит размер соответствующего радиусу катета шва. Контроль катета сварного шва производится путем последовательного соприкосновения (подбора) лепестков с соединенными сваркой деталями. Размер считается установленным, если длинная сторона лепестка и перемычка между катетами лепестка прилегают к деталям без видимого зазора, а зазор между дугами лепестка и шва является минимальным. При несовпадении ни с одной ступенью размеров в указанном диапазоне значение катета определяется эмпирическим путем.» [28]

УШС-3 предназначен для измерения контролируемых параметров труб, контроля качества сборки стыков соединений труб, а также для измерения параметров сварного шва при его контроле (рисунок 3).

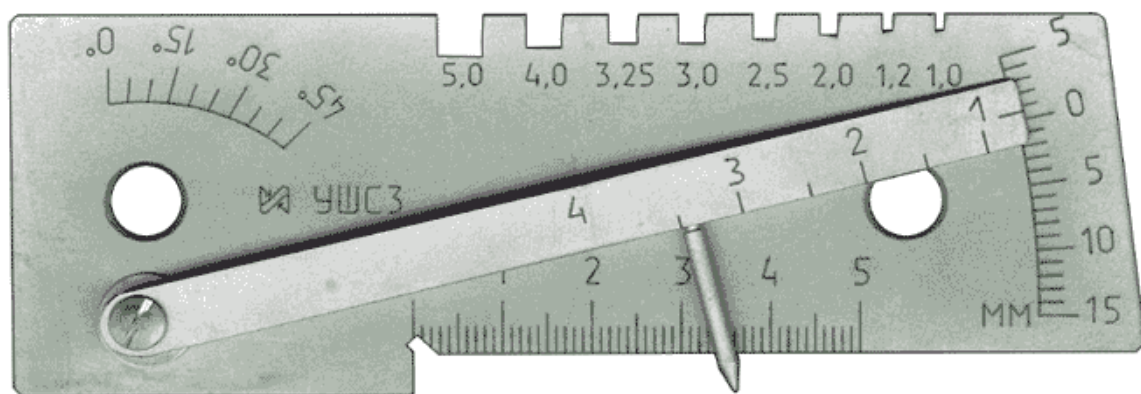


Рисунок 3 – УШС-3

Шаблон УШС-3 состоит из основания 1, соединенного осью 4 с движком 2 и закрепленного на движке указателем 3 (рисунок 4).

Контроль производится следующим образом:

1. Контроль глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоту усиления шва производят при установке шаблона поверхностью А (рисунок 4) на изделие, затем поворотом движка 2 вокруг оси 4 ввести указатель 3 в соприкосновение с измеряемой поверхностью. Результат считывается против риски К по шкале Г (рисунок 4).

2. Контроль **зазора** производится введением движка 2 его клиновой частью в контролируемый зазор. По шкале И (рисунок 4), нанесенной на движке, считывается результат.

3. Контроль **притупления шва**, ширины шва производить при помощи шкалы Е, пользуясь ею как измерительной линейкой.

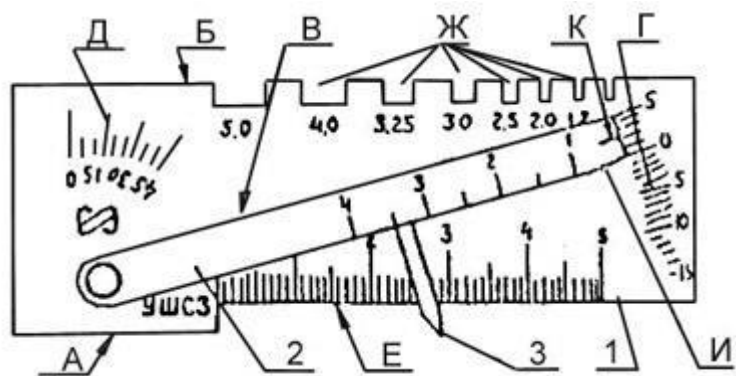


Рисунок 4 – Основные измерительные элементы УШС-3

4. Контроль **углов скоса кромок** производится при установке шаблона поверхностью **Б** на образующую изделия. Затем, поворотом движка 2 совместить без зазора его поверхность **В** с измеряемой поверхностью. Результат считывается по шкале **Д** против поверхности движка **В** (рисунок 4).

5. Определение **диаметров проволоки** производится с помощью пазов **Ж** (рисунок 4).

Кроме указанных выше существует большое количество других шаблонов. Принцип их применения аналогичен применению шаблонов УШС-2 и УШС-3. Например, шаблон Красовского (рисунок 5).



Рисунок 5 – Шаблон Красовского

Шаблон Красовского служит для контроля тавровых и нахлесточных сварных соединений, стыковых сварных соединений, измерения зазора между кромками. Схемы его применения приведены на рисунке 6.

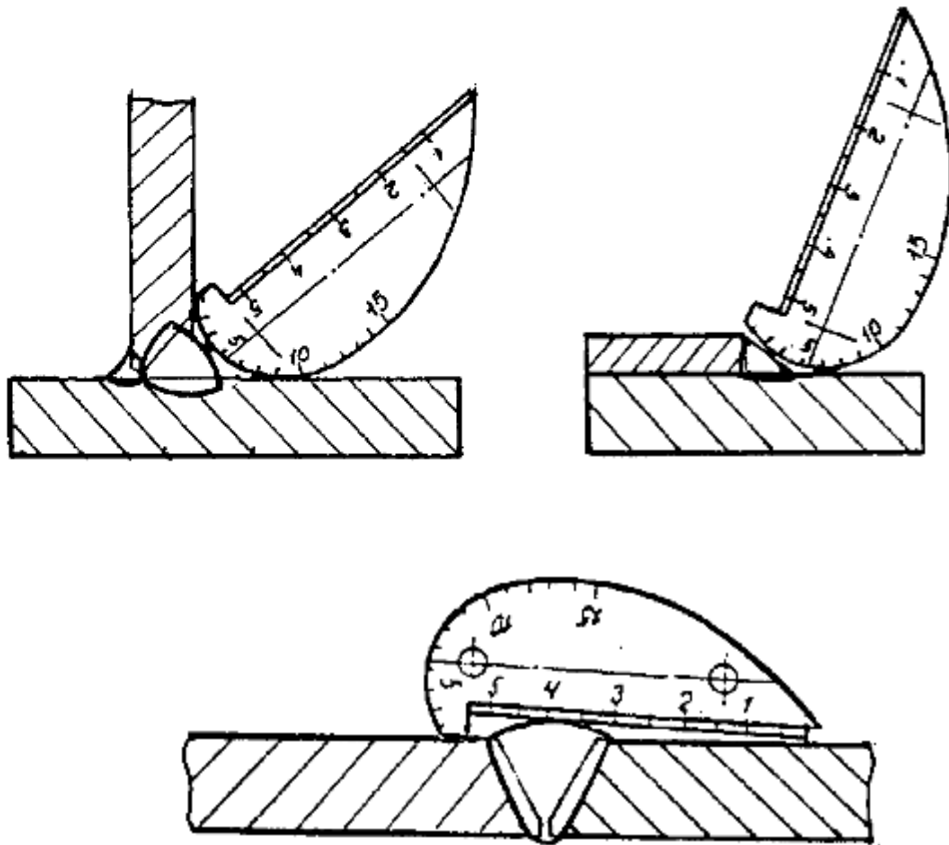


Рисунок 6 – Схемы применения шаблона Красовского

«Инструменты, позволяющие провести измерение отдельных параметров сварного соединения. Устройство штангенциркуля должно быть известно читателям настоящего пособия. Механический штангенинструмент представляет собой две измерительные поверхности, между которыми устанавливается размер, одна из которых составляет единое целое с линейкой (штангой), а другая соединена сдвигающейся по линейке рамкой. На линейке находится через 1 мм деления, на рамке устанавливается или гравировается нониус. Наиболее распространенный штангенинструмент - штангенциркуль. Внешний вид различных штангенциркулей представлен на рисунке 7.» [28]

К этому же виду инструментов можно отнести и шаблон Ушерова-Маршака (рисунок 8), предназначенный для измерения скоса кромок при

подготовке свариваемых соединений деталей, измерения высоты катета углового шва, измерения высоты валика усиления, измерения выпуклости корня шва стыкового сварного соединения, измерения зазора в соединении при подготовке деталей к сварке.

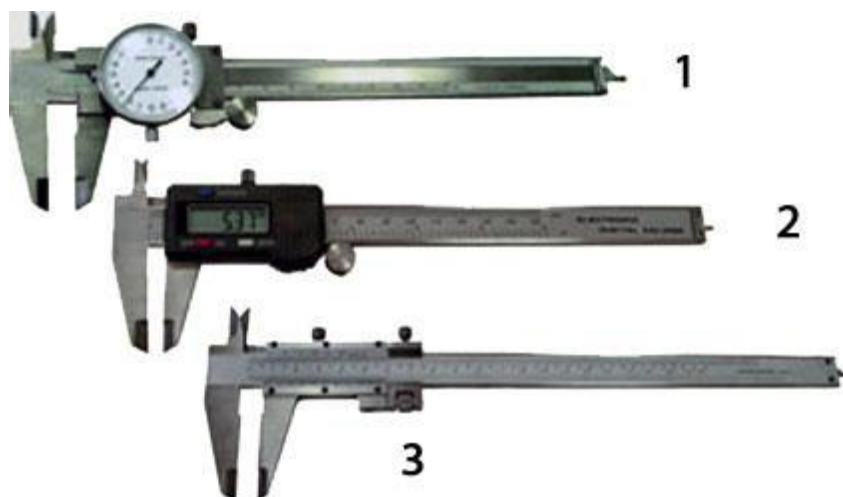


Рисунок 7 – Виды штангенциркулей

1– с круговым индикатором; 2 – электронный; 3 –механический с нониусом

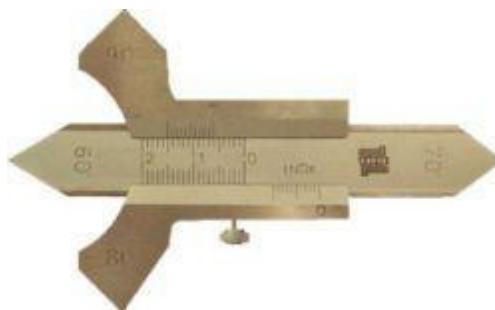


Рисунок 8 – шаблон Ушерева-Маршака

Схемы применения шаблона Ушерева-Маршака представлены на рисунке 10.

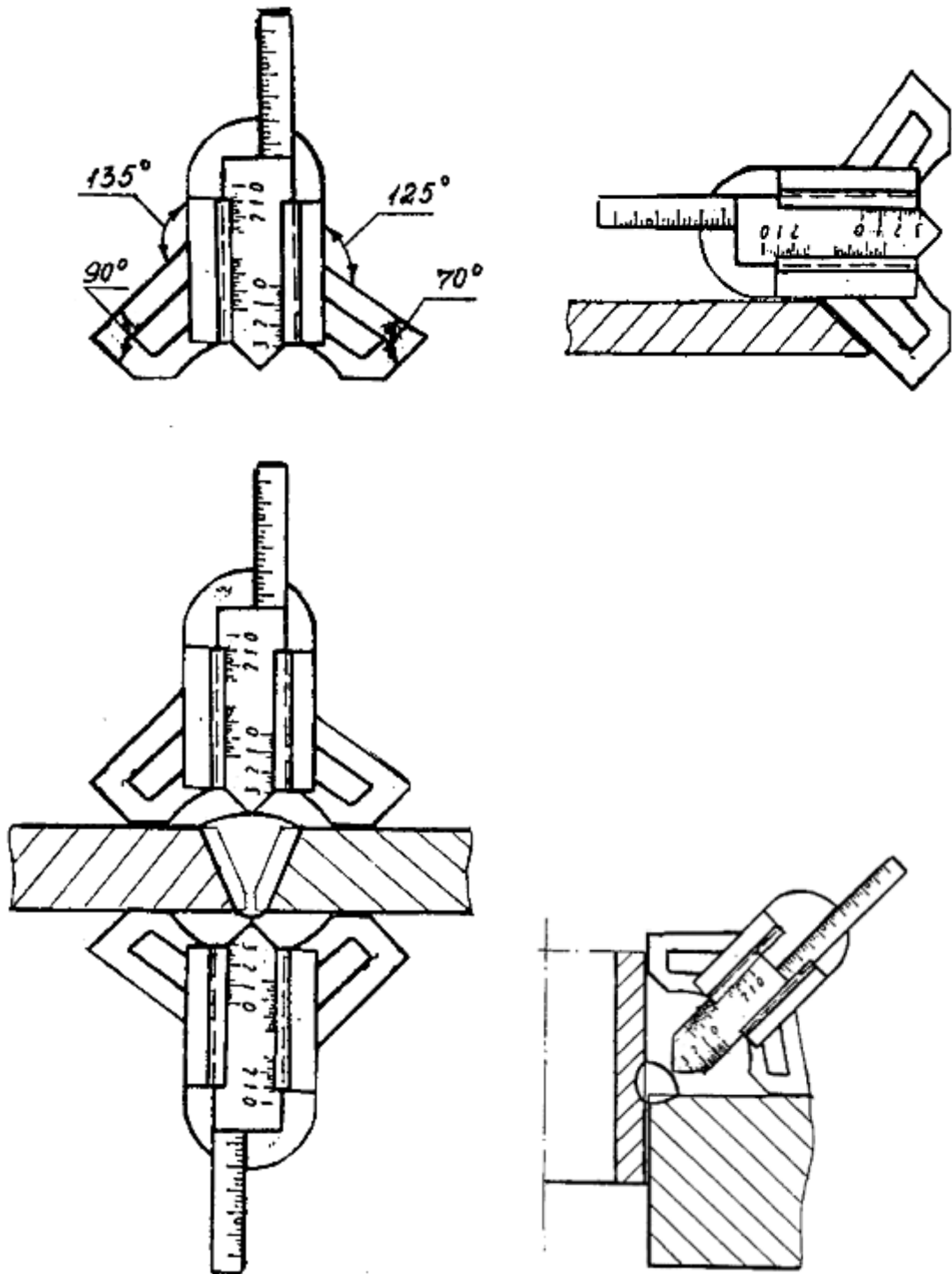


Рисунок 10 – Применение шаблона Ушера-Маршака

При проведении измерений допустимая погрешность должна быть в диапазоне, указанном в таблице 1.

Таблица 1 - Допустимая погрешность измерений при измерительном контроле.

Диапазон измеряемой величины, мм	Погрешность измерений, мм
До 0,5 включительно	0,1
Свыше 0,5 до 1,0 включительно	0,2
Свыше 1,0 до 1,5 включительно	0,3
Свыше 1,5 до 2,5 включительно	0,4
Свыше 2,5 до 4,0 включительно	0,5
Свыше 0,4 до 6,0 включительно	0,6
Свыше 6,0 до 10,0 включительно	0,8
Свыше 10,0	1,0

2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ГОСТ 30242 – 97

Дефекты при сварке металлов плавлением образуются вследствие ряда причин:

1. Нарушения требований нормативных документов к сварочным материалам;
2. Нарушения требований к подготовке, сборке и сварке соединяемых элементов;
3. Нарушения требований к термической обработке сварных соединений и конструкций в целом.
4. Нарушения требований к механической обработке сварных соединений.

ГОСТ 30242 – 97 классифицирует дефекты на шесть групп:

1. Трещины;
2. Полости и поры;
3. Твердые включения;
4. Несплавления и непровары;
5. Нарушения формы шва;
6. Прочие дефекты, не включенные в вышеперечисленные группы.

Следует помнить, что дефекты при сварке металлов плавлением образуются не только в сварном шве, а так же в зоне термического влияния и в основном металле, прилегающем к сварному шву (околошовная зона).

2. Программа работы.

- Получить у преподавателя образец сварного соединения с дефектами.
- Определить внешним осмотром наличие дефектов в сварном соединении.
- Выбрать из таблицы 2 (Приложение 2) цифровые обозначения дефектов и занести их в отчет.
- Определить с помощью мерительных инструментов размеры дефектов.
- Зарисовать дефектограмму сварного соединения. Пример дефектограммы представлен в приложении 1 на рисунке 11.

- Сравнить контролируемый образец сварного соединения с эталонным образцом.
- Дать заключение о годности или негодности контролируемого сварного соединения к эксплуатации.
- Привести комплект инструментов для визуального и измерительного контроля в исходное положение.
- Сдать преподавателю образец сварного соединения с дефектами
- В Отчете ответить на контрольные вопросы

3. Применяемое оборудование.

Для проведения лабораторной работы требуются наборы для ВИК и образцы со сварными швами, включая образцы с поверхностными дефектами с линейными размерами не менее 0,5мм.

Дополнительно необходима ветошь и очистители для подготовки образцов к контролю.

4. Содержание отчета.

Отчет о лабораторной работе выполнить в тетради для лабораторных работ.

Отчёт должен содержать:

- титульный лист (здесь указать наименование учебного заведения, тему работы, номер варианта, дату выполнения работы);
- цель работы;
- исходные данные;
- используемое оборудование;

- описание процесса контроля;
- дефектограмму контролируемого сварного соединения;
- перечень цифровых обозначений дефектов, обнаруженных в сварном соединении с их описанием;
- заключение о годности сварного соединения.

В выводах необходимо пояснить, какие инструменты применялись при контроле и, почему сварное соединение было признано годным или не годным к эксплуатации. Объяснить влияние точности измерений на выявляемость дефектов в сварных соединениях.

При оформлении отчёта использовать синюю пасту.

Для вычерчивания дефектограммы использовать линейку и простой карандаш.

Защита отчёта проводится в форме собеседования.

5. Контрольные вопросы.

«Информация, которая необходима для ответа на вопросы, содержится в лекциях, учебных пособиях и методических указаниях к данной работе.

1. Какое из утверждений правильно:

- ВИК – это дорогостоящий, сложный метод контроля, позволяющий обнаруживать практически все дефекты сварного соединения;
- ВИК – это дорогостоящий метод контроля, позволяющий за короткий период времени обнаружить большинство дефектов в сварном соединении;
- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, позволяющий обнаруживать практически все дефекты сварного соединения;

- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, позволяющий обнаружить все поверхностные дефекты сварного соединения;

- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, который позволяет обнаружить только относительно крупные поверхностные дефекты.

2. Дать определение видимости объекта.

3. Какое минимальное время необходимо для возникновения зрительного ощущения у человека?

4. Можно ли с помощью УШС-3 измерить ширину сварного шва?

5. Зачем в стандартном наборе для ВИК батарейки?

6. Каким инструментом можно измерить угол скоса кромки?

7. Каким нормативным документом регламентируется применение ВИК?» [28]

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 30242 – 97. Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения. – 11 с.
2. Овчинников В.В. Дефекты сварных соединений.- М.: «Академия», 2009.- 64с.
3. Овчинников В.В. Контроль качества сварочных работ: уч. для СПО.- М.: «Академия», 2009.- 208с.
4. Герасименко А.И. Справочник электрогазосварщика - Ростов н/Д: Феникс, 2009.- 412с.

Приложение 1

Пример оформления дефектограммы сварного соединения в масштабе 1:2 представлен на рисунке 1.

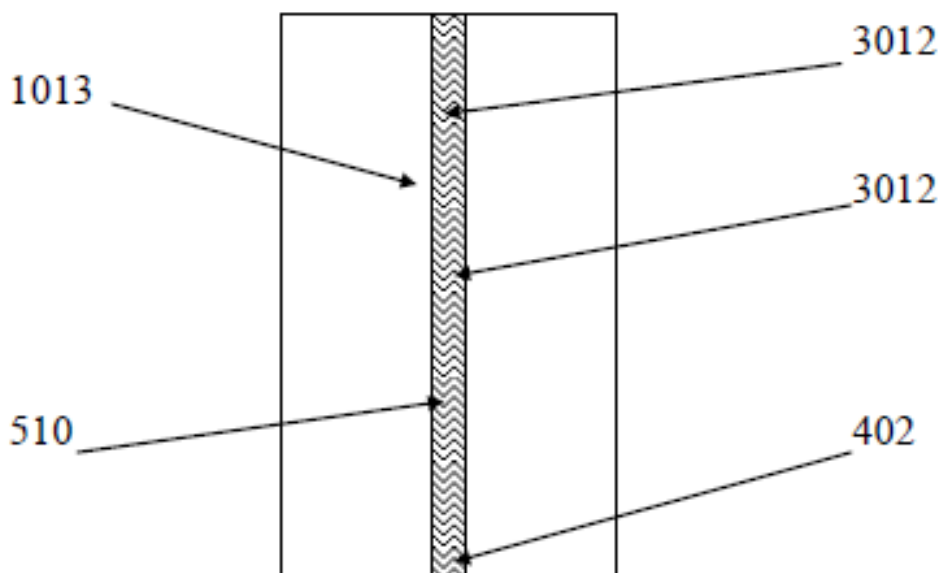


Рисунок 11 - Пример дефектограммы сварного соединения с указанием обнаруженных дефектов, где:

402 – непровар на участке длиной 30 мм;

510 – прожог на участке длиной 22 мм;

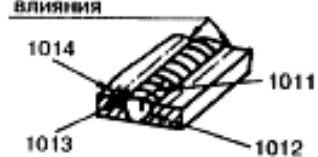
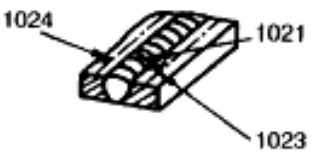

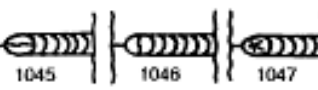
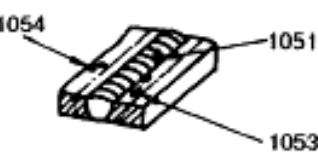
3012 – шлаковые включения разобщенные на участках длиной по 8 мм;




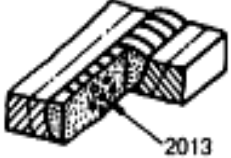
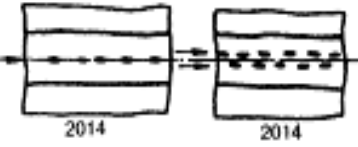

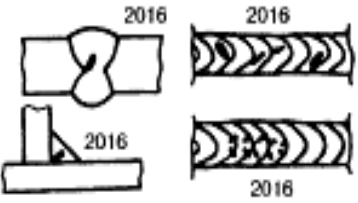
1013 – продольная трещина в зоне термического влияния длиной 34 мм.

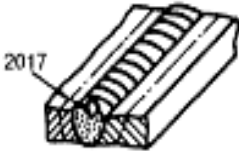
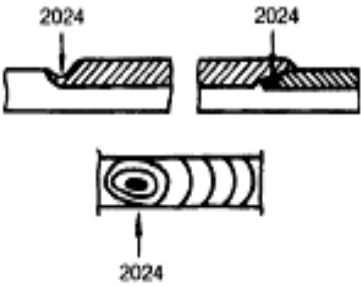
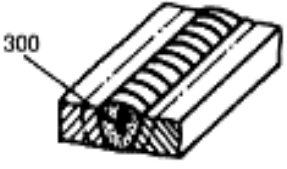
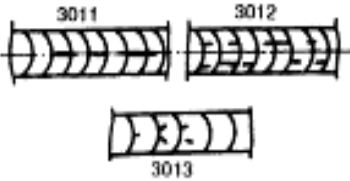
Приложение 2

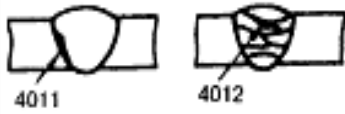
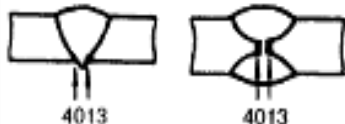
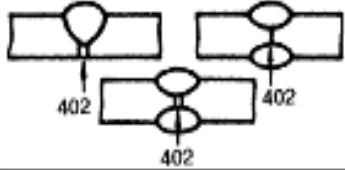

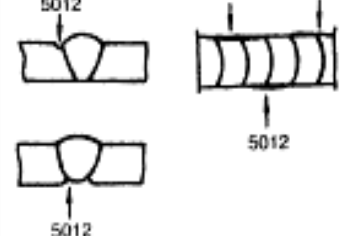

Цифровые обозначения дефектов по ГОСТ 30242 – 97.

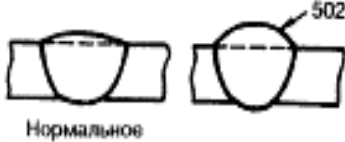
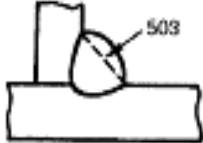
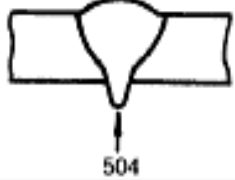
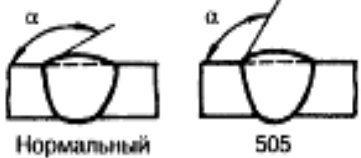
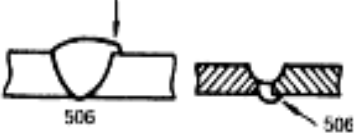



Таблица 2 – обозначение дефектов по ГОСТ 30242 – 97.

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
Группа 1. Трещины				
100	Е	Трещины en cracks fr fissures	Несплошность, вызванная местным разрывом шва, который может возникнуть в результате охлаждения или действия нагрузок	
1001		Микротрещина en microfissure (micro-crack) fr microfissure	Трещина, имеющая микроскопические размеры, которую обнаруживают физическими методами не менее чем при пятидесятикратном увеличении	
101 1011 1012 1013 1014	Еа	Продольная трещина en longitudinal crack fr fissure longitudinale	Трещина, ориентированная параллельно оси сварного шва. Она может располагаться: в металле сварного шва; на границе сплавления; в зоне термического влияния; в основном металле	Зона термического влияния 
102 1021 1023 1024	Еb	Поперечная трещина en transverse crack fr fissure transversale	Трещина, ориентированная поперек оси сварного шва. Она может располагаться: в металле сварного шва; в зоне термического влияния; в основном металле	
103 1031 1033 1034	Е	Радиальные трещины en radiation cracks fr fissures rayonnantes	Трещины, радиально расходящиеся из одной точки. Они могут быть: в металле сварного шва; в зоне термического влияния; в основном металле Примечание — Трещины этого типа, расходящиеся в разные стороны, известны как звездоподобные трещины	
104 1045 1046 1047	Ес	Трещина в кратере en crater cracks fr fissure de cratère	Трещина в кратере сварного шва, которая может быть: продольной; поперечной; звездообразной	
105 1051 1053 1054	Е	Раздельные трещины en group of disconnected cracks fr réseau de fissures marbrées	Группа трещин, которые могут располагаться: в металле сварного шва; в зоне термического влияния; в основном металле	

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
106 1061 1063 1064	E	Разветвленные трещины en branching cracks fr fissures ramifiées	Группа трещин, возникших из одной трещины. Они могут располагаться: в металле сварного шва; в зоне термического влияния; в основном металле	
Группа 2. Поры				
200	A	Газовая полость en gas cavity fr soufflure	Полость произвольной формы, образованная газами, задержанными в расплавленном металле, которая не имеет углов	
2011	Aa	Газовая пора en gas pore fr soufflure sphéroïdale	Газовая полость обычно сферической формы	
2012		Равномерно распределенная пористость en uniformly distributed porosity fr soufflures sphéroïdales uniformément réparties	Группа газовых пор, распределенных равномерно в металле сварного шва. Следует отличать от цепочки пор (2014)	
2013		Скопление пор en localized (clustered) fr nid de soufflures	Группа газовых полостей (три или более), расположенных кучно с расстоянием между ними менее трех максимальных размеров большей из полостей	
2014		Цепочка пор en linear porosity fr soufflures alignées (ou en chapelet)	Ряд газовых пор, расположенных в линию, обычно параллельно оси сварного шва, с расстоянием между ними менее трех максимальных размеров большей из пор	
2015	Ab	Продолговатая полость en elongated cavity fr soufflure allongée	Несплошность, вытянутая вдоль оси сварного шва. Длина несплошности не менее чем в два раза превышает высоту	
2016	Ab	Свищ en worm-hole fr soufflure vermiculaire	Трубчатая полость в металле сварного шва, вызванная выделением газа. Форма и положение свища определяются режимом затвердевания и источником газа. Обычно свищи группируются в скопления и распределяются елочкой	

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
2017		Поверхностная пора en surface por fr piqûre	Газовая пора, которая нарушает сплошность поверхности сварного шва	
202	R	Усадочная раковина en shrinkage cavity fr retassure	Полость, образующаяся вследствие усадки во время затвердевания	
2024	K	Кратер en crater pipe fr retassure de cratere	Усадочная раковина в конце валика сварного шва, не заваренная до или во время выполнения последующих проходов	
Группа 3. Твердые включения				
300		Твердое включение en solid inclusion fr inclusion solide	Твердые инородные вещества металлического или неметаллического происхождения в металле сварного шва. Включения, имеющие хотя бы один острый угол, называются остроугольными включениями	
301 3011 3012 3013	Ba	Шлаковое включение en slag inclusion fr inclusion de laitier	Шлак, попавший в металл сварного шва. В зависимости от условий образования такие включения могут быть: линейными; разобщенными; прочими	
302 3021 3022 3023	G	Флюсовое включение en flux inclusion fr inclusion de flux	Флюс, попавший в металл сварного шва. В зависимости от условий образования такие включения могут быть: линейными; разобщенными; прочими	См. 3011—3013
303	J	Оксидное включение en oxide inclusion fr inclusion d'oxyde	Оксид металла, попавший в металл сварного шва во время затвердевания	

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
304	Н	Металлическое включение en metallic inclusion fr inclusion métallique	Частица инородного металла, попавшая в металл сварного шва. Различают частицы из: вольфрама; меди; другого металла	
3041				
3042				
3043				
Группа 4. Несплавление и непровар				
401		Несплавление en lack of fusion (incomplete fusion) fr manque de fusion (collage) Примечание — В некоторых странах употребляют термины «collage noir» и «collage blanc» в зависимости от того, имеются или отсутствуют в местах несплавления окисленные включения	Отсутствие соединения между металлом сварного шва и основным металлом или между отдельными валиками сварного шва. Различают несплавления: по боковой стороне; между валиками; в корне сварного шва	 4011 4012
4011				
4012				
4013				 4013 4013
402	D	Непровар (неполный провар) en lack of penetration (incomplete penetration) fr manque de pénétration	Несплавление основного металла по всей длине шва или на участке, возникающее вследствие неспособности расплавленного металла проникнуть в корень соединения	 402 402 402
Группа 5. Нарушение формы шва				
500		Нарушение формы en imperfect shape fr forme défectueuse	Отклонение формы наружных поверхностей сварного шва или геометрии соединения от установленного значения	
5011	F	Подрез непрерывный en continuous undercut fr caniveau continu	Углубление продольное на наружной поверхности валика сварного шва, образовавшееся при сварке	 5011 5011
5012	F	Подрез непрерывный en intermittent undercut fr morsure: caniveau discontinu		 5012 5012 5012
5013		Усадочная канавка en shrinkage groove fr caniveau à la racine	Подрез со стороны корня одностороннего сварного шва, вызванный усадкой по границе сплавления (см. также 512)	 5013

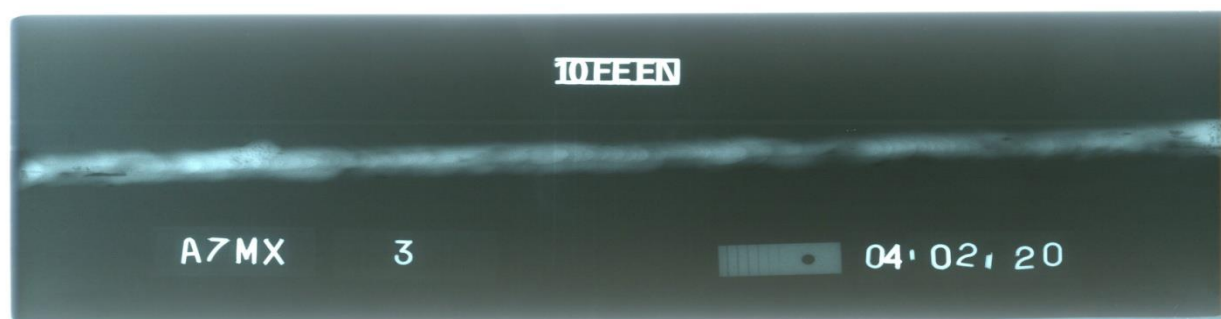
Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
502		Превышение выпуклости стыкового шва en excess weld metal fr surepaisseur excessive	Избыток наплавленного металла на лицевой стороне стыкового шва сверх установленного значения	 Нормальное
503		Превышение выпуклости углового шва en excessive convexity fr convexité excessive	Избыток наплавленного металла на лицевой стороне углового шва (на всей длине или на участке) сверх установленного значения	
504		Превышение проплава en excessive penetration fr excès de pénétration	Избыток наплавленного металла на обратной стороне стыкового шва сверх установленного значения	
5041		Местное превышение проплава en local excess penetration fr excès local de pénétration	Местный избыточный проплав сверх установленного значения	
505		Неправильный профиль сварного шва en incorrect weld profile fr défaut de raccordement	Угол α между поверхностью основного металла и плоскостью, касательной к поверхности сварного шва, менее установленного значения	 Нормальный
506		Наплав en overlap fr débordement	Избыток наплавленного металла сварного шва, натекающий на поверхность основного металла, но не сплавленный с ним	
507		Линейное смещение en linear misalignment fr défaut d'alignement	Смещение между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются параллельно, но не на требуемом уровне	
508		Угловое смещение en angular misalignment fr deformation angulaire	Смещение между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются под углом, отличающимся от требуемого	
509		Натек en sagging fr effondrement	Металл сварного шва, осевший вследствие действия силы тяжести и не имеющий сплавления с соединяемой поверхностью.	

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
шифровое	используемое МИС			
5091			<p>В зависимости от условий это может быть:</p> <p>натек при горизонтальном положении сварки;</p> <p>натек в нижнем или потолочном положении сварки;</p> <p>натек в угловом сварном шве;</p> <p>натекание в шве нахлесточного соединения</p>	
5092				
5093				
5094				
510				
511		<p>Неполностью заполненная разделка кромок</p> <p>en incompletely filled groove</p> <p>fr manque d'épaisseur</p>	<p>Продольная непрерывная или прерывистая канавка на поверхности сварного шва из-за недостаточности присадочного металла при сварке</p>	
512		<p>Чрезмерная асимметрия углового шва</p> <p>en excessive asymmetry of fillet weld</p> <p>fr défaut de symétrie de soudure d'angle</p>	<p>Чрезмерное превышение размеров одного катета над другим</p>	
513		<p>Неравномерная ширина шва</p> <p>en irregular width</p> <p>fr largeur irrégulière</p>	<p>Отклонение ширины от установленного значения вдоль сварного шва</p>	
514		<p>Неровная поверхность</p> <p>en irregular surface</p> <p>fr surface irrégulière</p>	<p>Грубая неравномерность формы поверхности усиления шва по длине</p>	
515		<p>Вогнутость корня шва</p> <p>en root concavity</p> <p>fr retassure à la racine</p>	<p>Неглубокая канавка со стороны корня одностороннего сварного шва, образовавшаяся вследствие усушки (см. также 5013)</p>	
516		<p>Пористость в корне сварного шва</p> <p>en root porosity</p> <p>fr rochage</p>	<p>Наличие пор в корне сварного шва вследствие возникновения пузырьков во время затвердевания металла</p>	
517		<p>Возобновление</p> <p>en root restart</p> <p>fr mauvaise reprise</p>	<p>Местная неровность поверхности в месте возобновления сварки</p>	

Обозначение дефекта		Наименование дефекта	Определение и/или пояснение дефекта	Рисунки сварных швов и соединений с дефектами
цифровое	используемое МИС			
Группа 6. Прочие дефекты				
600		Прочие дефекты en miscellaneous imperfections fr défauts divers	Все дефекты, которые не могут быть включены в группы 1–5	
601		Случайная дуга en stray arc fr coup d'arc	Местное повреждение поверхности основного металла, примыкающего к сварному шву, возникшее в результате случайного горения дуги	
602		Брызги металла en spatter fr projection (ou perles)	Капли наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околшовной зоны основного металла	
6021		Вольфрамовые брызги en tungsten spatter fr projection de tungstène	Частицы вольфрама, выброшенные из расплавленной зоны электрода на поверхность основного металла или затвердевшего металла сварного шва	
603		Поверхностные задиры en torn surface fr déchirure locale ou arrachement local	Повреждение поверхности, вызванное удалением временно приваренного приспособления	
606		Утонение металла en underflushing fr moulage excessif	Уменьшение толщины металла до значения менее допустимого при механической обработке	

Приложение Б

Радиографические снимки и расшифровка к ним

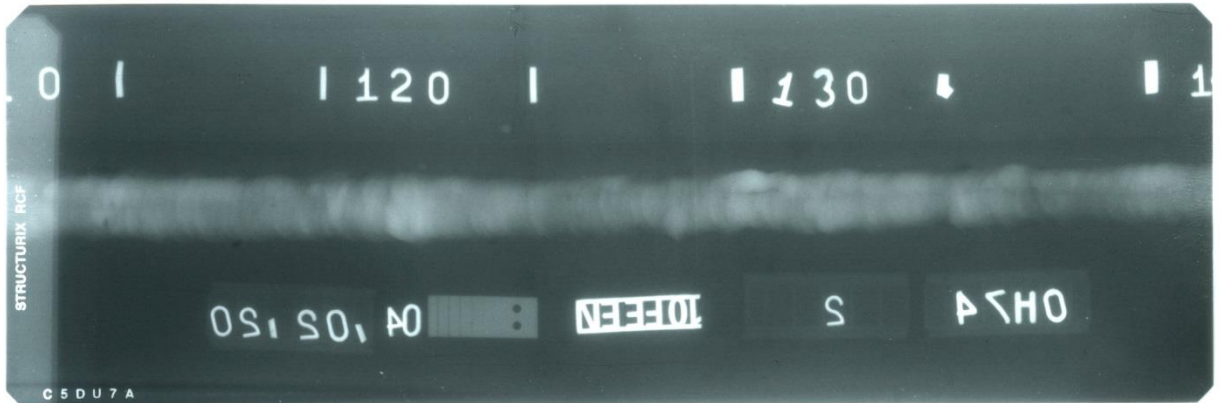
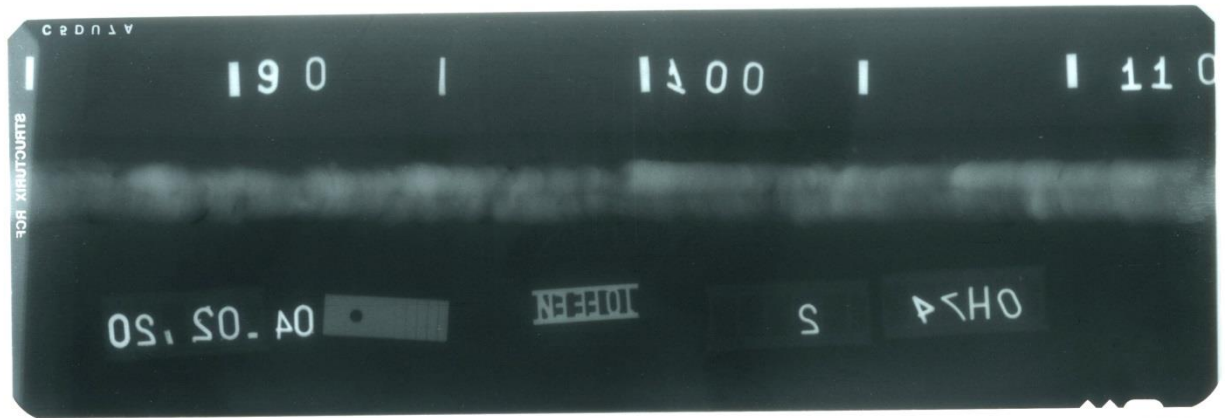


Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
Лист 10	2BRM 3	2,1	0,2	5 Aa0,8; 2 Bd 13*0,8; Bd 7*0,6; Bd 3*0,6	Не годен
Лист 10	OH74	1,9	0,2	11Fc2 3; Aa 0,8; Ak 3*0,8	Не годен
Лист 10	A7MX	2,4	0,2	2Bd 10*1; Ac 10*6-0,6; 3Aa 1,5*0,8; Bd 3*1	Не годен

На первом снимке обнаружены: 5 пор 0,8мм.; 2 удлиненных шлака 13*0,8мм.; удлиненный шлак 7*0,8мм.; удлиненный шлак 3*0,6мм.

На втором снимке обнаружены: 11 корневых подреза 3мм.; пора 0,8мм.; канальная пора 3*0,8мм.

На третьем снимке обнаружены: 2 удлиненных шлака 10*1мм.; скопление пор 10*6 с максимальной порой 0,6мм.; 3 поры 1,2*0,8мм.; удлиненный шлак 3*1мм

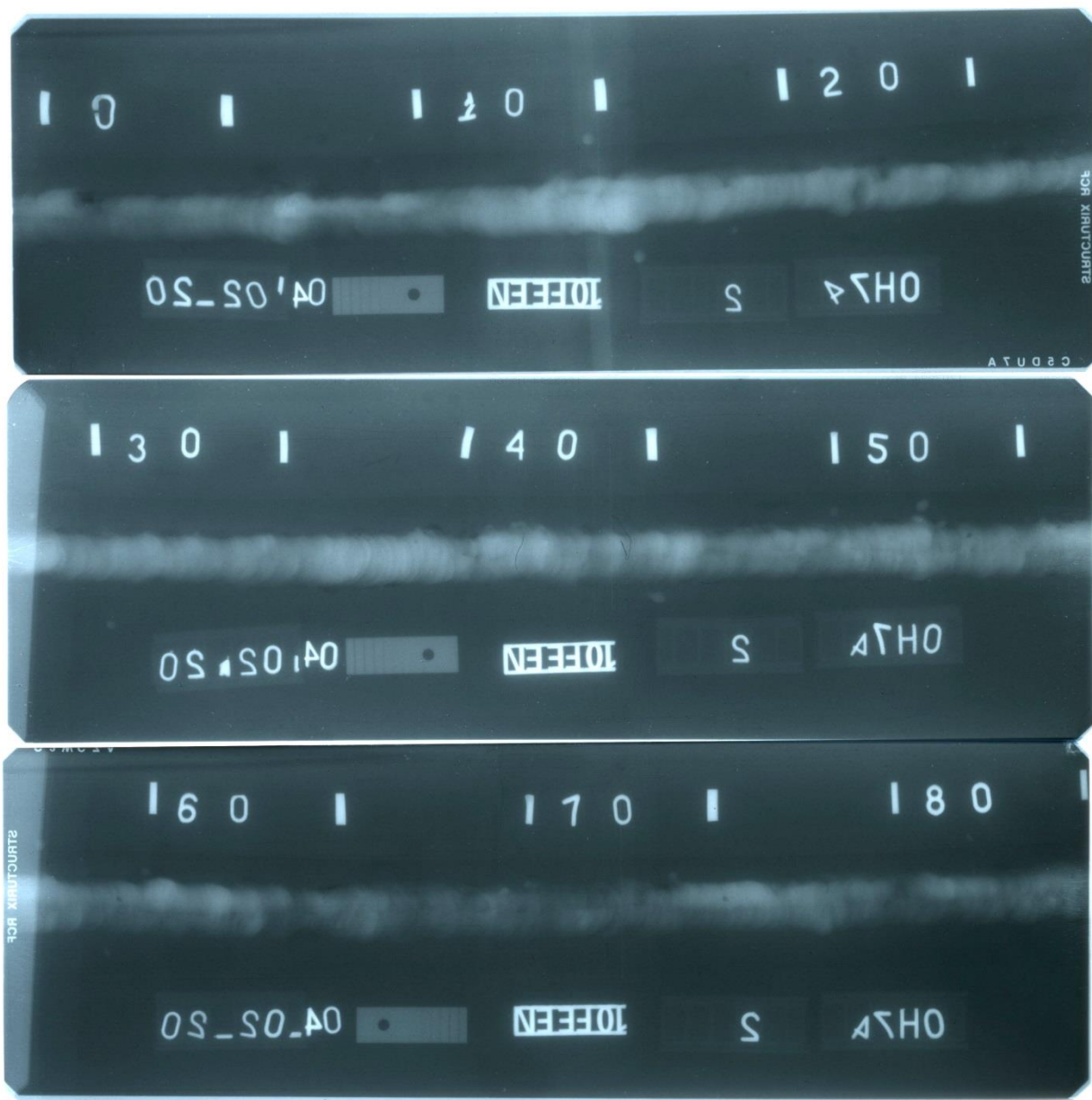


Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
530*10	ОН74 2 (85-115)	1,6	0,3	2 Fc1 5; 2 Ba 4*1	Годен
	ОН74 2 (114-141)	1,6	0,3	2 Ba1; Ba 2*1; Fc2 8	Годен
	ОН74 2 (140-0)	1,6	0,3	Fc1 20>	Не годен

На первом снимке обнаружены: 2 внешних подреза 5мм; шлак 4*1мм.

На втором снимке обнаружены: 2 шлага 1мм.; шлак 2*1мм.; внутренний подрез 8мм.

На третьем снимке обнаружены: внешний подрез 20мм глубиной более допустимой

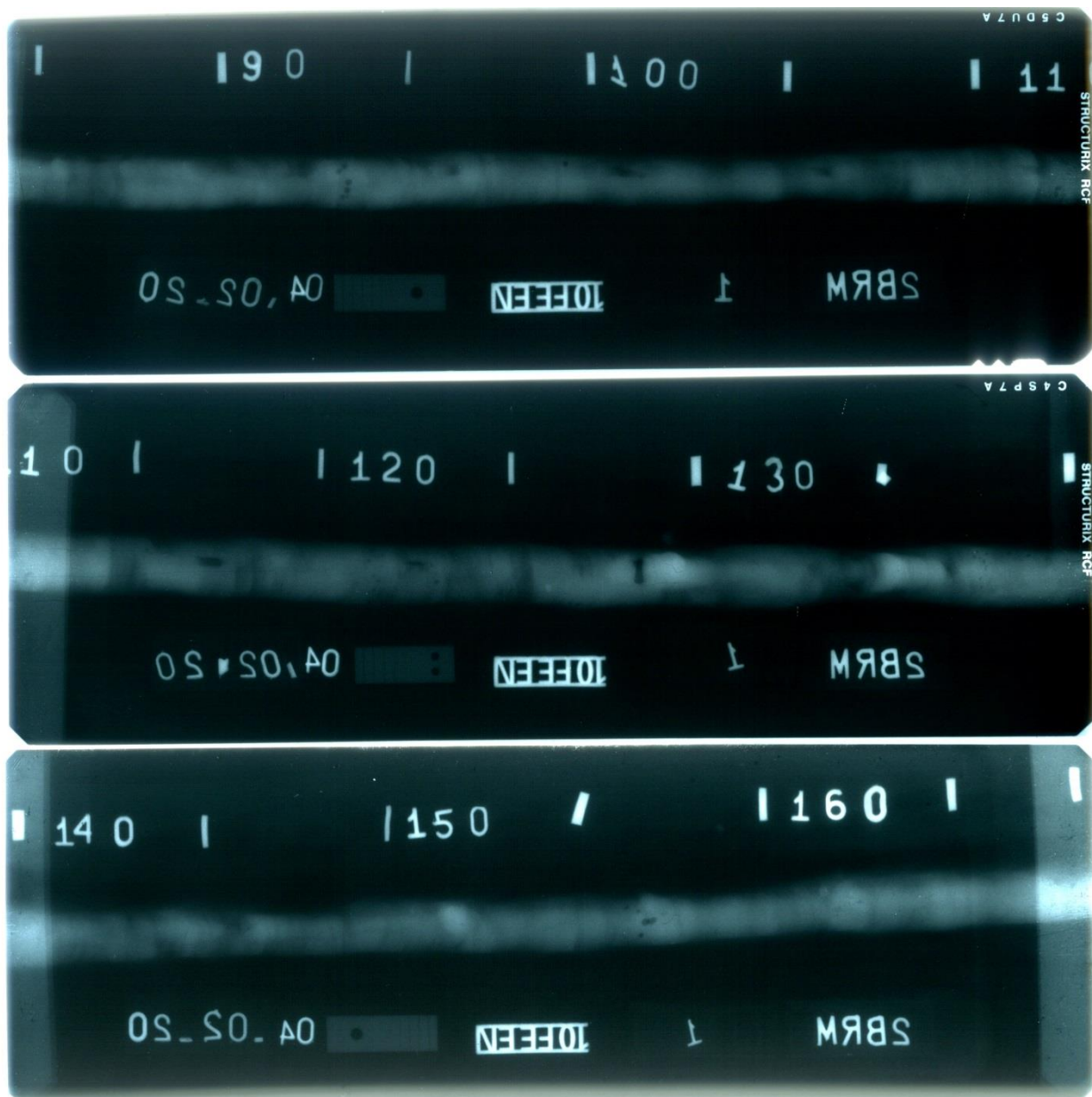


Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
Ø530*16	ОН74 2 (0-28)	1.9	0,3	2 Fa 5	Годен
	ОН74 2 (27-56)	1.6	0,3	4 Fc1 5; 2 Aa0,8; Aa2,0	Годен
	ОН74 2 (55-85)	1.6	0,3	Aa1,0; Ba 1,5	Годен

На первом снимке обнаружены: 2 внешних подреза 5мм;

На втором снимке обнаружены: 4 внешних подреза 5мм; 2 поры 0,8мм.; пора 2.0мм.

На третьем снимке обнаружены: пора 1.0мм.; шлак 1.5мм.

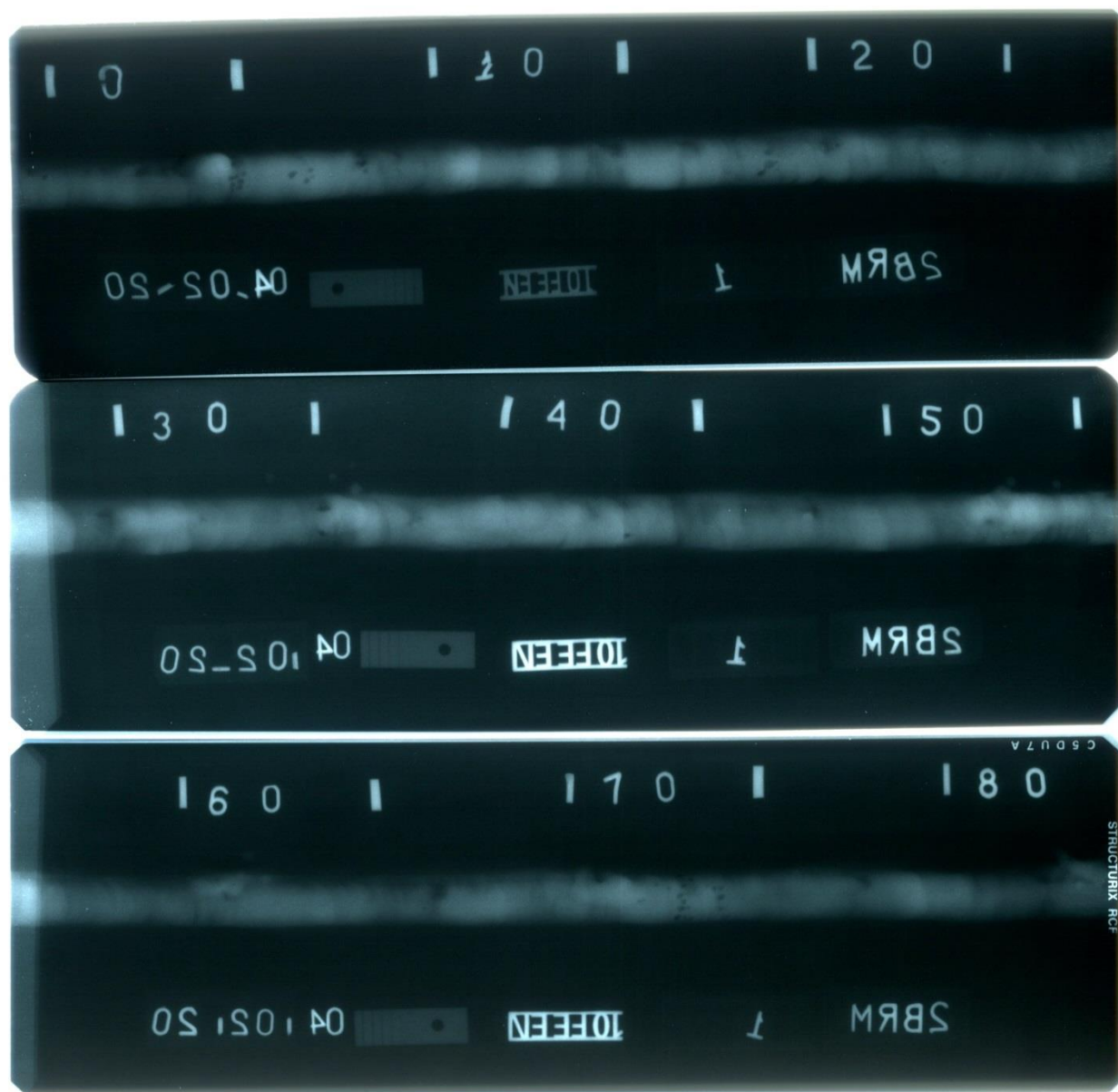


Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
Ø530*16	2BRM 1 (84-114)	2,5	0,2	2Fa 5; Ac 5*13-1,5; Aa 1,2; Da 10; 2 Da 5; Aa 1*2; Aa1,0	Не годен
	2BRM 1 (111-141)	2,3	0,3	Da 7; Da 5; Da 2; 9Aa 0,8; Aa 1,0; Ac 5*9-0,8	Не годен
	2BRM 1 (140-0)	2,4	0,2	2Aa 0,8; 2Aa1,0; Ac 5*7-1,5	Годен

На первом снимке обнаружены: 2 вогнутости корня 5мм.; скопление пор 5*713 с максимальным размером поры 1,5мм.; пора 1,2мм.; непровар корня 10мм.; непровар корня 5мм.; пора 1,2мм.; пора 1,0мм.

На втором снимке обнаружены: непровар корня 7мм.; непровар корня 5мм.; непровар корня 2мм.;

На третьем снимке обнаружены: 2 поры 0,8мм.; 2 поры 1 мм.; скопление пор 5*7 с максимальными размером пор 1,5мм.



Типоразмер	№ пленки	Е.О.П.	Чувствительность	Расшифровка	Заключение
Ø530*16	2BRM 1 (0-28)	2,1	0,2	Ac 5*7-1,5; Ac 7*5-1,5*2,0; Ac 4*4-1,5; Ba 5*5; 2Aa 1,0; 3Aa 0,8	Не годен
	2BRM 1 (27-56)	2,1	0,2	3Fc ₂ 4; Aa 1,2*3,0	Годен
	2BRM 1 (55-85)	2,2	0,2	3Aa 0,6; Fa 5; Ac 6*12-1,5; Ac 3*7-1,5; Bd 15*1,5	Не годен

На первом снимке обнаружены: скопление пор 5*7 с максимальным размером поры 1,5мм.; скопление пор 7*5 с максимальным размером поры 2,0мм.; скопление пор 4*4 с максимальным размером поры 1,5мм.; шлаковое включение 5*5мм.; 2 поры 1,0мм.; 3 поры 0,8мм.

На втором снимке обнаружены: Зкорневый подреза 4мм.; пора 1,2*3,0мм.

На третьем снимке обнаружены: 3 поры 0.6мм.; вогнутость корня 5мм.; скопление пор 6*12 с максимальным размером поры 1,5мм.; скопление пор 3*7 с максимальным размером поры 1,5мм.; протяженное шлаковое включение 15*5.