

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.09.2023 12:06:42

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabb573e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
2015 г.

«НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 150202

УДК 621.791

Составители: А.А. Котельников, К. И. Абышев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А. А. Горохов.*

«Неразрушающие методы контроля сварных конструкций» методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Инженерное обеспечение производства сварных конструкций» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Котельников, К. И. Абышев. Курск, 2015. 43 с.: ил.12, Библиогр.: с. 37.

Содержат сведения по вопросам контроля качества сварных конструкций и швов. Указывается порядок выполнения лабораторных работ, подходы к решению различных задач и отчетность за выполнение лабораторных работ.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов специальности 150202 дневной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,3. Тираж 25 экз. Заказ 881. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.

Лабораторная работа №1

Контроль сварных соединений рентгеновскими лучами

Цель работы: изучить устройство переносного импульсного рентгеновского аппарата типа ИРА-1. Освоить методику рентгенографического метода выявления дефектов.

Сущность методов

Контроль сварных соединений рентгеновскими и γ -лучами является одним из методов контроля без разрушения. Рентгеновские лучи получаются в вакуумных электронных трубках в результате торможения у анода быстро-летящих от катода электронов. При этом, чем больше анодное напряжение на трубке, тем больше энергия электронов и, следовательно, больше энергия рентгеновского излучения (меньше длина волны излучения). С уменьшением длины волны увеличивается проникающая способность рентгеновских лучей, т.е. выполняется зависимость:

$$E = e \cdot U_a = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda};$$

где E – энергия излучения;

h – постоянная Планка;

c – скорость света;

λ – длина волны;

ν – частота.

Обладая большой проникающей способностью рентгеновские и γ -лучи, кроме того, оказывают действие на фотопленку. В настоящее время в промышленности применяется в основном фотографический, визуальный и ионизационный методы регистрации дефектов при просвечивании. При рентгеновском контроле сварных соединений наиболее широкое распространение получил фотографический метод.

При фотометоде просвечивания источник излучения устанавливается на некотором расстоянии против контролируемого участка шва (рисунок 1).

По другую сторону шва в светонепроницаемой кассете помещается рентгеновская пленка. Рентгеновские лучи, проходя сквозь пленку, будут частично поглощаться. В дефектных местах шва, имеющих ослабленное сечение металла, рентгеновские лучи слабее поглощаются и действуют на фотопленку с большей интенсивностью. В результате, на пленке образуется белое темное место, являющееся теневым изображением дефекта в шве.

Чувствительность метода просвечивания зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

- а) - род и толщина просвечиваемого металла;
- б) - жесткость излучение;
- в) - схема просвечивания;
- г) - влияние рассеянного излучения;
- д) - расположение и форма дефектов;
- е) - фототехника.

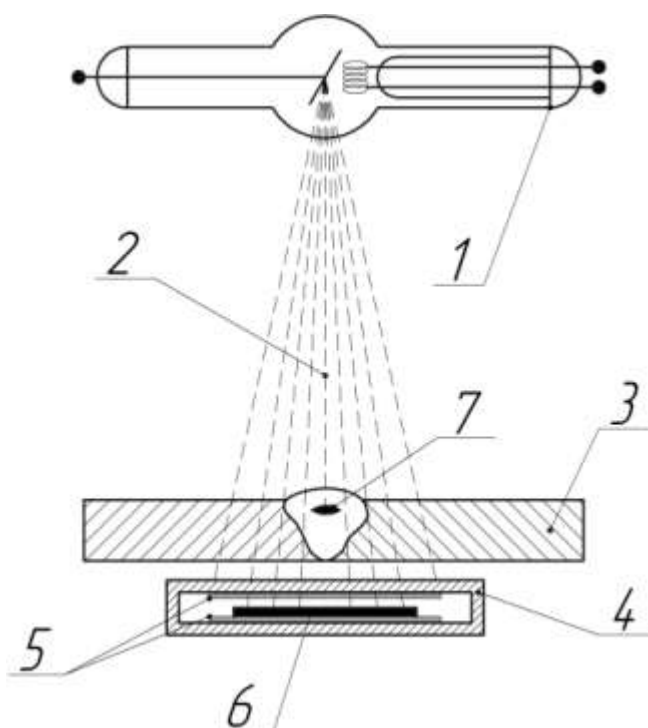


Рисунок 1 – Схема просвечивания рентгеновскими лучами: 1 – рентгеновская трубка; 2 – рентгеновское излучение; 3 – сварное соединение; 4 – кассета; 5 – усиливающие экраны; 6 – фотопленка; 7 - дефект.

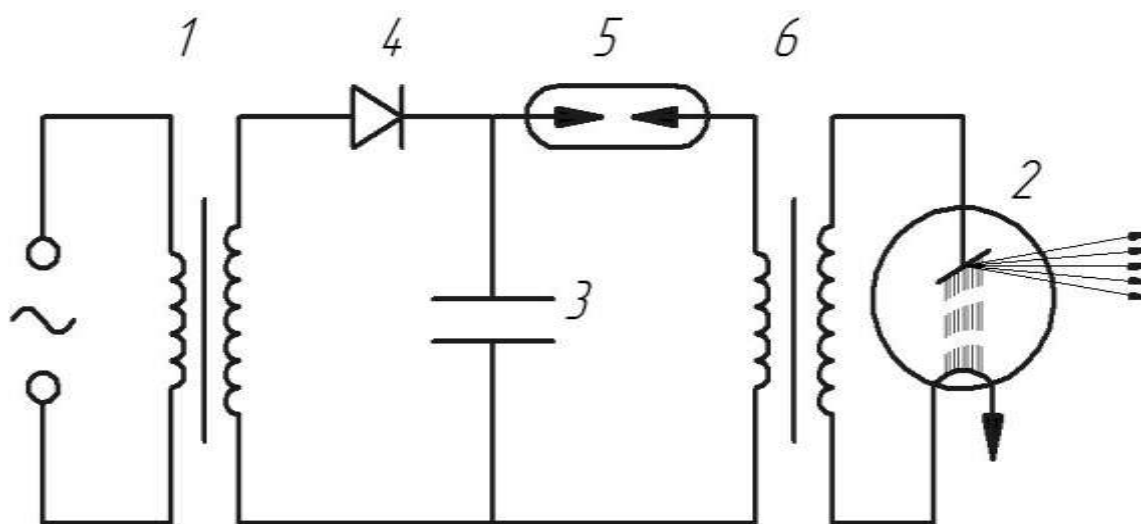


Рисунок 2 – Принципиальная схема рентгеновской установки ИРА-1:

1 – трансформатор; 2 – рентгеновская трубка; 3 – конденсатор (накопитель); 4 – электронный ключ; 5 – разрядник; 6 – импульсный трансформатор.

В настоящей работе необходимо ознакомиться с устройством импульсного рентгеновского аппарата ИРА-1, с методикой просвечивания и на основании анализа фотоснимков дать заключение о качестве сварного соединения.

Конструкции, технические данные и эксплуатация рентгеновского аппарата ИРА-1

Назначение аппарата

Аппарат предназначен для исследования быстропротекающих процессов в непрозрачной среде одним интегральным импульсом рентгеновских лучей, а также для рентгенодефектоскопии сварных соединений, контроля фотумножителей и других специальных задач.

Назначение аппарата

Аппарат предназначен для исследования быстропротекающих процессов в непрозрачной среде одним интегральным импульсом рентгеновских лучей, а также для рентгенодефектоскопии сварных соединений, контроля фотумножителей и других специальных задач.

Технические данные

Рабочее напряжение на рентгеновской трубке 220-280 кВ, Длительность импульса высокого напряжения на рентгеновской трубке 1 мкс.

Толщина материала, доступная для рентгенографирования:

сталь - 15 мм;

алюминий - 60 мм.

при расстоянии 250 мм от фокуса анода рентгеновской трубки до рентгеновской пленки с применением усиливающих экранов типа УФД-п/2.

Время заряда накопительной емкости не более 10 с. Принцип действия аппарата основан на явлении возникновения вспышки рентгеновского излучения при вакуумном пробое в 2-х электродной рентгеновской трубке.

Пробой в трубке происходит под действием импульса высокого напряжения, возникающего на вторичной обмотке высоковольтного трансформатора при разряде накопительной емкости через его первичную обмотку.

Принципиальная блок-схема аппарата представлена на рисунке 2 и включает в себя:

1. Импульсно-рентгеновскую трубку.
2. Импульсный высоковольтный трансформатор.
3. Зарядное устройство.
4. Накопительную емкость.

Правила эксплуатации установки ИРА-1

1. Произвести все необходимые внешние соединения электрических цепей (сеть, земли, высоковольтный блок с РТ).
2. Установить аппарат и штатив с образцом и лентой в нужные положение для съемок.
3. Перевести переключателя в сети в положение, соответствующее выбранному источнику питания. Аппарат готов к работе при заряде накопленной емкости до величины $8 \div 8,5$ (40 делений по стрелочному прибору на пульте управления).
4. Для получения рентгеновской вспышки необходимо нажать на

кнопку «пуск».

При толщине материала больше двух мм просвечивание проводится набором импульсов.

Меры предосторожности при работе с рентгеновским аппаратом ИРА-1

При работе с аппаратом без применения специальных мер защиты оператор должен находиться на расстоянии не менее 1 метра от высоковольтного блока с его тыльной стороны. Максимальное количество вспышек при этом не должно превышать 300.

Процесс контроля просвечивания состоит из следующих операций:

1. Подготовка к просвечиванию;
2. Просвечивание;
3. Фотообработка рентгеновской пленки;
4. Определение дефектов по негативам;
5. Оформление заключений о качестве просвеченного объекта.

Подготовка к просвечиванию

Перед просвечиванием сварные швы подвергаются внешнему осмотру. К просвечиванию допускаются очищенные от шлака и различных загрязнений сварные швы без наружных дефектов.

После выявления всех необходимых сведений об объекте (материал, толщина стенок, габаритные размеры, технические условия на контроль) составляется схема просвечивания и, в соответствии с необходимой чувствительностью, подбирается наивыгоднейшее фокусное расстояние и схема зарядки кассет. Затем, учитывая интенсивность источника излучения, толщину стенок и род просвечиваемого объекта, по графикам определяется время экспозиции (время выдержки кассет с пленкой под воздействием излучения) (рисунок 3).

Сварные швы должны быть размечены на определенные участки соответственно длине рентгеновских снимков и промаркированы. Соответственно маркируются также кассеты и рентгеновские пленки.

Перед просвечиванием необходимо закрепить кассеты на объекте при помощи матерчатой тесьмы, изоляционной ленты, пластилина, специальных прижимов и т.д.

Рентгеновский аппарат должен быть установлен на определенном фокусном расстоянии от объекта, отцентрирован по отношению кассете с пленкой, установленной на объекте просвечивания, и полностью подготовлен к работе.

Для определения чувствительности по снимку, против каждой кассеты укладывается дефектометр (эталон чувствительности). Дефектометры устанавливаются рядом со швом, вдоль него, гладкой стороной к кассете.

Для предохранения пленки от рассеянного излучения и для получения большей чувствительности снимков зачастую поверх кассеты со стороны противоположной источнику излучения, укладывают пластинку листового свинца толщиной 3-5 мм.

Во время подготовительных работ рентгеновская установка должна быть отключена.

Просвечивание

Процесс просвечивания практически заключается в выдерживании времени экспозиции. Но время просвечивания необходимо принимать все меры безопасности против вредного рентгеновского излучения.

По истечении времени экспозиции выключается рентгеновская установка и только после этого с объекта снимаются кассеты с пленками.

Фото обработка рентгеновской пленки. Процесс фотообработки рентгеновских пленок состоит в проявлении, промежуточной промывки (ополаскивания), фиксирования, тщательной промывки и сушки обработанных пленок. Определение дефектов в просвеченном шве производится, как правило, по негативам. Отпечатки с негативов на фотобумагу делаются в исключительных случаях, при необходимости размножения результатов просвечивания.

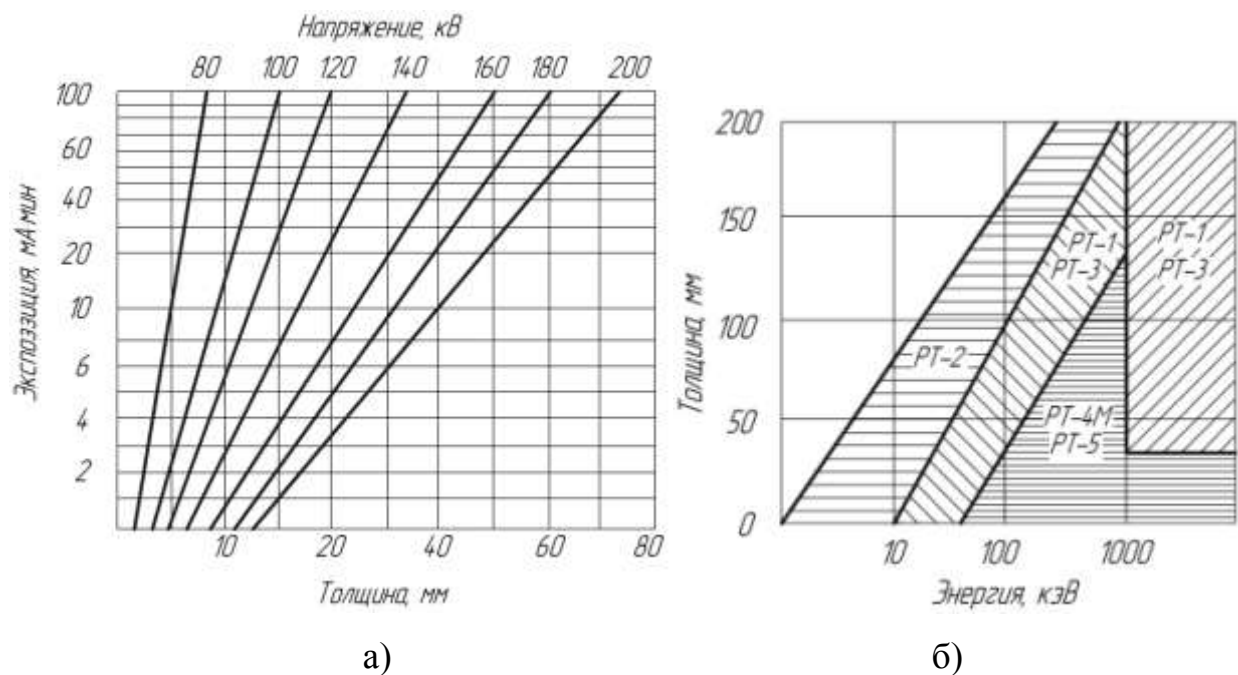


Рисунок 3 – Выбор режима просвечивания:

а – номограмма экспозиций просвечивания стальных деталей (пленка РТ-1, $F=75$ мм, аппарат РУП-200-20-5);

б – область применения рентгенографических пленок при просвечивании стали.

Определение дефектов по негативам. По рентгеновским снимкам определяется характер, размеры и количество внутренних дефектов в шве и околошовной зоне (газовых и шлаковых включений, непроваров, трещин).

Сварной шов за счет усиления имеет толщину больше, чем основной металл, поэтому на снимке он имеет вид светлой полосы на черном фоне основного металла. Дефекты сварного шва определяются в виде почернения различной степени интенсивности. Трещины имеют вид резких, черных зигзагообразных линий, непровары правильных линии, газовые поры и шлаковые включения более или менее правильных точек с различной степенью почернения.

О действительных размерах дефектов в шве судят по изображению дефектов на пленках, являющихся их проекцией. Величина дефекта в плоскости проекции равна примерно его величине на снимке.

Величины дефектов вдоль направления излучения определяются путем измерения плотности потемнения изображения дефекта на снимке, так как она изменяется в зависимости от величины дефектов. Для этого применяются фотометры, дефектометры и эталонные снимки.

Определение места расположения дефектов в глубине изделия необходимо при просвечивании толстого металла и производится специальными способами.

Условная запись дефектов при расшифровке снимков, документальном оформлении результатов радиографического контроля

К расшифровке допускаются только те негативы, на которых имеются изображения знаков маркировки и эталона чувствительности, а также отсутствуют повреждения пленки, затрудняющие выявление дефектов шва.

Расшифровка снимков производится в соответствии с ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод».

В заключении, составляемом по каждому снимку, указывают длину шва в мм проконтролированного снимком, а также размеры и количество дефектов на этом участке.

1. Для сокращенной записи дефектов при расшифровке снимков и документальном оформлении результатов контроля должны использоваться условные обозначения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения для записи дефектов

Вид дефекта	Условное обозначение		Характер дефекта	Условное обозначение	
	Русский алфавит	Латинский алфавит		Русский алфавит	Латинский алфавит

Вид дефекта	Условное обозначение		Характер дефекта	Условное обозначение	
	Русский алфавит	Латинский алфавит		Русский алфавит	Латинский алфавит
Трещины	Т	Е	Трещина вдоль шва	Тв	Еа
			Трещина поперек шва	Тп	Еб
			Трещина разветвленная	Тр	Ес
Непровары	Н	D	Непровар в корне	Нк	Da
			Непровар между валиками	Нв	Db
			Непровар по разделке	Нр	Dc
Поры	П	А	Отдельная пора	П	Aa
			Цепочка	ЦП	Ab
			Скопление	СП	Ac
Шлаковые включения	Ш	В	Отдельное включение	Ш	Va
			Цепочка	ЦШ	Vb
			Скопление	Сш	Vc
Вольфрамовые включения	В	С	Отдельное включение	В	Ca
			Цепочка	ЦВ	Cb
			Скопление	СВ	Cc
Окисные включения	О	О	-	-	-
Вогнутость корня шва	Вгк	Fa			
Выпуклость корня шва	Впк	Fb			
Подрез	Пдр	Fc			
Смещение кромок	Скр	Fd			

2. Для сокращенной записи максимальной суммарной длины дефектов (на участке снимка длиной 100 мм или на всем снимке при его длине менее 100 мм) должно использоваться условное обозначение Σ .

3. После условного обозначения дефектов указываются их размеры в миллиметрах:

- для сферических пор, шлаковых и вольфрамовых включений - диаметр;
- для удлиненных пор, шлаковых и вольфрамовых включений - ширина и длина(через знак умножения);
- для цепочек, скоплений, окисных включений, непроваров и трещин - длина.

4. Для цепочек и скоплений пор, шлаковых и вольфрамовых включений послеусловного обозначения дефектов, входящих в цепочку или скопление, указываютсямаксимальные диаметр или ширина и длина этих дефектов (через знак умножения).

5. При наличии на снимке изображений одинаковых дефектов (дефектоводного вида с одинаковыми размерами) допускается не записывать каждый из дефектов отдельно, а указывать перед условным обозначением дефектов их число.

6. После условного обозначения максимальной суммарной длины дефектов (на участке снимка длиной 100 мм) указывается эта длина в миллиметрах.

7. При отсутствии изображений дефектов на снимке, а также в случаях, когда длина, ширина и суммарная длина дефектов не превышают заданных максимально допустимых значений, в графе документации «Соответствует требованиям» пишется «да», в противоположном случае - «нет».

8. При обнаружении на снимке изображений дефектов, не перечисленных в п. 1, в заключении или журнале регистрации результатов контроля следует указать полное наименование дефектов.

Примеры оформления результатов контроля

1. На снимке обнаружены изображения пяти пор с диаметром 3 мм каждая, цепочки пор с длиной 30 мм и максимальными длиной и шириной пор в цепочке 5 и 3 мм, и шлакового включения с длиной 15 мм и шириной 2 мм.

Максимальная суммарная длина дефектов на участке снимка длиной 100 мм составляет 20 мм.

Запись в документации: 5П3; Ц30П5×3; Ш15×2; Σ20.

2. На снимке обнаружены изображения двух скоплений пор (длина каждого скопления 10 мм, максимальный диаметр пор 0,5 мм) и скопление шлаковых включений (длина скопления 8 мм, максимальная длина и ширина включений 2 и 1 мм).

Максимальная суммарная длина дефектов на участке снимка длиной 100 мм составляет 18 мм.

Запись в документации: 2С10П0,5; С8Ш2×1; Σ18.

3. На снимке обнаружены изображения двух непроваров длиной 15 мм каждый и трещины длиной 40 мм.

Запись документации: 2Н15; Т40.

4. На снимке обнаружены изображения пяти пор с диаметром 4 мм каждая инепровара длиной 20 мм.

Максимальная суммарная длина пор на участке снимка длиной 100 мм составляет 12 мм.

Запись в документации: 5П4; Σ12; Н20.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Получите рентгеновский снимок участка сварного шва у преподавателя.
2. Ознакомьтесь с атласом радиографических изображений дефектов сварных швов, представленном в приложении 1 (стр. 36).
3. Сопоставляя изображения дефектов из атласа с вашим снимком, определите, какие дефекты присутствуют на участке сварного шва, представленного на полученной пленке.
4. На черновой лист выпишите полное описание всех найденных дефектов и их краткое обозначение в соответствии с пунктом «Условная запись дефектов при расшифровке снимков, и документальном оформлении результатов радиографического контроля».
5. Оформите результат исследования снимка в виде таблицы 2, а под таблицей дайте заключение.

Пример оформления результатов работы

Таблица 2 – Запись результатов исследования снимков в виде таблицы

Длина снимка 295 мм; маркировка – 54Л21	
Цепочка газовых включений (поры) диаметром 2 мм и длиной 15 мм	Ц15П2
Цепочка газовых включений (поры)	Ц10П1,5

диаметром 1,5 мм и длиной 10 мм	
Скопление газовых включений (поры) диаметром 2 мм и в поперечнике 7 мм	С7П2
Отдельные газовые включения диаметром 1,5 мм в количестве 3 шт.	3П1,5
Отдельное газовое включение (пора) диаметром 2 мм	П2
Максимальная суммарная длина дефектов на участке снимка длиной 100 мм составляет 15 мм	Σ15

Запись в журнале: Ц15П2; Ц10П1,5; С7П2; 3П1,5; П2; Σ15.

Заключение: данное сварное соединение (снимок которого промаркирован как 54Л21) не пригодно к использованию. Вывод об этом сделан на основании того, что рентгенографическому исследованию подвергаются, чаще всего, ответственные конструкции, а эксплуатация без разрушения соединения с цепочками дефектов и с присутствием отдельных пор не гарантируется.

Лабораторная работа №2

Контроль качества материалов и изделий ультразвуком

Цель работы: изучить устройство ультразвукового дефектоскопа типа ДУК-11ИМ. Приобрести необходимые навыки настройки и работы на ультразвуковом дефектоскопе ДУК-11ИМ.

Сущность метода

При попадании ультразвуковой волны на границу раздела двух материалов (двух сред) с различной звуковой проводимостью происходит преломление и отражение УЗИ. Дефекты обнаруживаются регистрацией отраженного сигнала.

ВУЗдефектоскопии металлов для получения УЗ колебаний используется пьезоэлектрический эффект.

В настоящее время получили распространение дефектоскопы, работающие в импульсном излучении. Блок-схема импульсного дефектоскопа типа ДУК-1 ИМ представлена на рисунке 1.

Синхронизатор 1 (мультивибратор частоты посылок) подает импульс для запуска генератора импульсов 2 и основной развертки 4. Генератор импульсов генерирует кратковременные импульсы высокочастотных электрических колебаний, которыми возбуждается пьезоэлектрический преобразователь (вибратор искательной головки 8).

Пьезоэлектрический вибратор преобразует высокочастотные электрические колебания в механические УЗ частоты. Колебания проникают внутрь контролируемого изделия, отражаются от дефектов и, попадая на тот же пьезоэлектрический преобразователь, в момент перерыва между импульсами, преобразуются в электрические колебания, поступающие на усилитель 3. С усилителя сигналы поступают на электронно-лучевую трубку-индикатор 7 и на автоматический сигнализатор дефектов 6 (звуковая сигнализация или свечение лампочки). Но электронно-лучевую трубку синхронно с отраженными импульсами подается пилообразное напряжение, вырабатываемое генератором основной развертки.

Импульсные дефектоскопы снабжаются глубиномерами 5 для измерения глубины залегания дефекта.

Начальный импульс и импульс глубиномера («донный» сигнал) виден в виде пиков на экране осциллографа. При наличии дефекта УЗ волна отразится от него и уловится пьезоэлементом искательной головки. Очевидно, отраженный от дефекта импульс, зафиксируется на экране осциллографа позднее на-

начального и ранее донного импульса глубиномера. Таким образом, между начальным и «донным» пиком появится пик от дефекта.

Контроль УЗК возможен только для изделий, имеющих достаточно чистую поверхность в местевода УЗ колебаний. С цельюулучшения акустического контакта между щупом и изделием наносится слой жидкости (минеральное масло, глицерин).

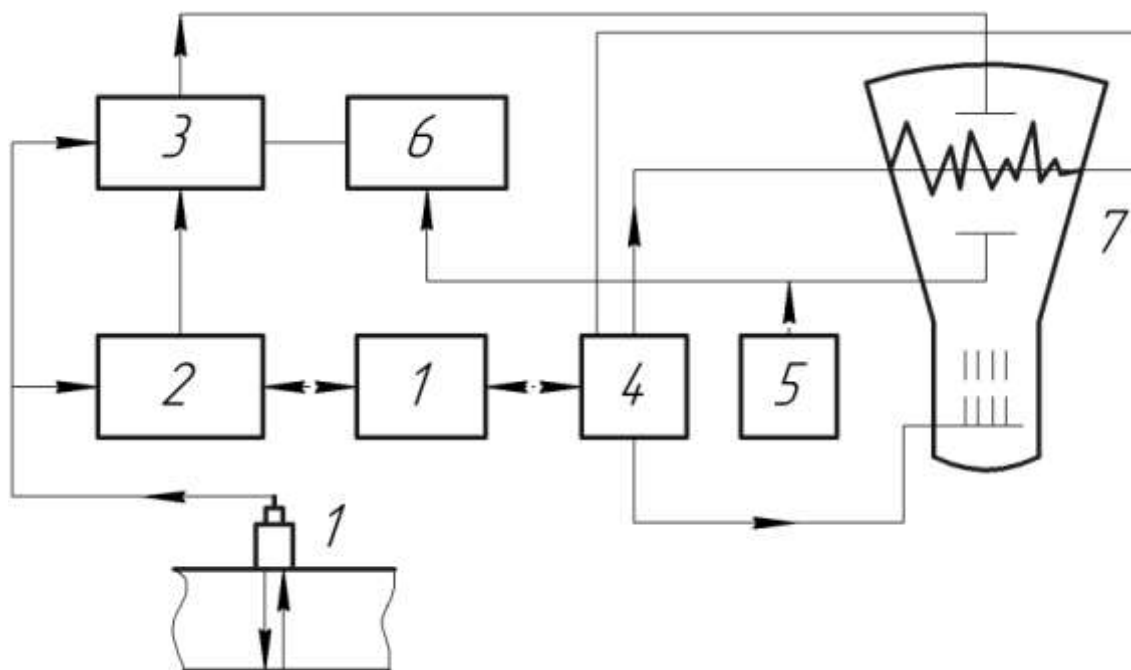


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема УЗК:

1 - синхронизатор частоты посылок импульсов; 2 - генератор импульсов; 3 - усилитель; 4 генератор развертки; 5 - глубиномер; 6 - сигнализатор дефектов; 7 - электроннолучевая трубка; 8 - искательная головка.

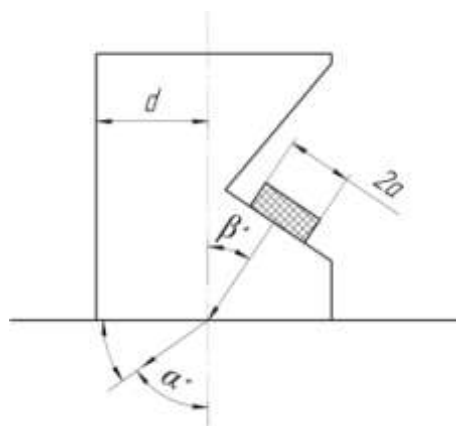


Рисунок 2 – Призматическая искательная головка:

β° - угол призмы искателя; α° - угол ввода УЗ; d – стрела искателя;

2а – диаметр пьезоэлемента.

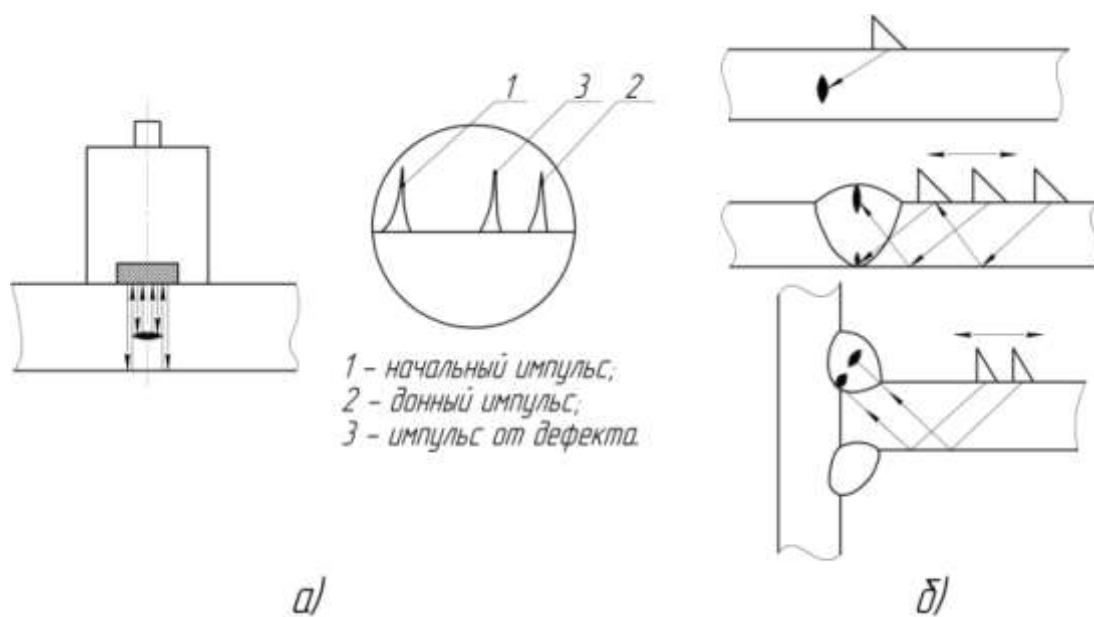


Рисунок 3 – Схема прозвучивания:

а) – прямой искательной головкой;

б) – наклонной искательной головкой.

Краткая характеристика УЗК дефектоскопа ДУК-11ИМ

Дефектоскоп ДУК-11ИМ предназначен для выявления внутренних дефектов (трещин, пор, расслоений, непроваров, шлаковых включений и др.) и определения их места залегания в стальных изделиях.

Прибор работает на частоте 2,5 МГц, как с прямыми, так и наклонными искательными головками.

Чувствительность прибора регулируется в широких пределах и обеспечивает выявление дефектов с эквивалентной площадью 2 мм² на глубине до 100 мм (по стали).

Максимальная глубина прозвучивания 750 мм в режиме «Контроль по слоям». Прибор позволяет вести контроль объекта в двухрежимах работы: «Контроль по слоям» и «Контроль от поверхности».

В приборе имеется электронный глубиномер со шкалами прямого отсчета координат залегания дефектов для всех искательных головок (угла вво-

да $0^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$), а также для отсчета времени прохождения сигнала до дефекта и обратно в мкс (для материала, отличного от стали).

Прямые головки используются обычно для прозвучивания объекта продольными волнами, наклонные ($30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$) - для прозвучивания поперечными волнами.

Наклонная искательная головка и ее параметры представлена на рисунке 2.

Работа с прибором

1. После общего включения прибора в сеть и его заземления, установить ручку «ВРЧ» и «Чувствительность» в крайнее правое положение.
2. Включить тумблер «сеть-вкл.».
3. Если необходимо, установить ручками «Х», «У», «Фокус» и «Яркость», находящимися за откидной дверцей задней крышки кожухалинию развертки в нижней половине экрана нужной толщины и яркости.
4. Установив тумблер «Контроль от поверхности» - «Контроль по слоям» в положение «Контроль по поверхности».
5. Ручкой «Глубина протачивания» поставить метку глубиномера в крайнее правое положение на линии развертки.
6. Установить ручками «Чувствительность» и «ВРЧ» чувствительности прибора так, чтобы, не меняя положения ручек можно было обнаружить минимально и максимально удаленные дефекты для выбранной искательной головки в эталонном образце (напр. 1 и 3 сверления на эталоне), при этом амплитуда эхоимпульсов на экране трубки должна быть порядка 10-12 мм.
7. Поставить тумблер «Свет-реле» в положение «реле». Пользуясь эталонным образцом произвести проверку глубиномера: для прямой искательной головки по шкале «мк сек» первое отражение от прорези должно соответствовать 20 мкс.

Подстройка глубиномера производится потенциометром, размещенным на уголке с правой стороны прибора.

8. На имеющихся образцах провести контроль по выявлению дефекта прямой и призматической искательной головкой с углом 40° .

Схема прозвучивания при помощи наклонных (призматических) искательных головок представлена на рисунке 3.

Пример оформления результатов работы

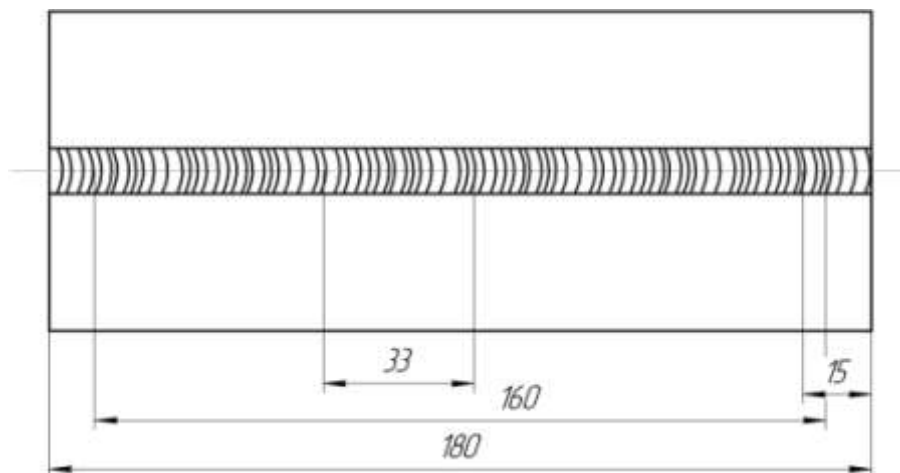


Рисунок 4 – Схематическое изображение мест залегания дефектов

Вывод: исследование выявило в сварном соединении длиной 180 мм (образец №3) следующие дефекты:

1. Дефект протяженностью 160 мм (10-170) – предположительно трещина;
2. Дефект протяженностью 33 мм (80-113) – предположительно непровар в корне шва;
3. Дефект протяженностью 15 мм (0-15) - предположительно непровар в корне шва или трещина.

Лабораторная работа №3

Магнитографический метод контроля материалов и изделий

Введение

Принцип магнитных методов контроля ферромагнитных материалов заключается в обнаружении магнитных полей рассеяния, образуемых в зоне расположения дефекта. В общем случае для выявления дефектов в металлах и сварных соединениях при помощи магнитных методов объект контроля намагничивается. Если в металле есть области, имеющие магнитную прони-

цаемость, отличную от магнитной проницаемости основной массы металла, то магнитные силовые линии будут распределяться неравномерно по сечению металла. В местах дефектов образуются магнитные поля рассеяния. По методу обнаружения полей рассеяния можно выделить следующие основные виды магнитной дефектоскопии:

1. Магнитопорошковая дефектоскопия.

Основана на визуальном наблюдении за концентрацией частиц магнитного порошка, втягивающихся в поле рассеяния над дефектом.

2. Феррозондовая дефектоскопия.

Основана на обнаружении и измерении полей рассеяния от дефектов с помощью чувствительных к магнитным полям датчиков (феррозондов).

3. Магнитографический метод.

Заключается в намагничивании зоны контролируемых участков металла или сварного шва, вместе с прижатым к его поверхности эластичным магнитносителем (магнитной лентой), фиксации на нем возникающих в местах дефектов полей рассеяния и последующем воспроизведении полученной записи.

В настоящей работе для магнитографического контроля качества сварного соединения используется магнитографический дефектоскоп МГК-1. С помощью этого дефектоскопа можно проводить контроль качества стыковых соединений ферромагнитных материалов, обладающих небольшой коэрцитивной силой (низкоуглеродистые и низколегированные стали), выполненных дуговым методом сварки, поверхностные закалочные трещины, внутренние рассеяния и т.д.

Дефектоскоп может быть использован как для производственных целей, так и в проведении исследовательских работ.

Принцип работы прибора заключается в перенесении магнитного потенциального рельефа с поверхности «записанной» магнитной ленты на экран 2-х лучевой электронной трубки. При этом на экране одновременно возника-

ют видимые изображения отдельных участков шва с выявленными дефектами, а также импульсное изображение.

Прибор дает возможность выявить:

а) микротрещины, расположенные вдоль оси шва под некоторым углом к ней в различных участках по сечению шва;

б) подрезы и непровары глубиной не менее 5% от толщины контролируемого металла;

в) цепочки шлаковых включений и пор;

г) закалочные, шлифовочные трещины.

Сварочный шов по внешнему виду должен быть признан годным к эксплуатации.

Конструкция дефектоскопа МГК-1

Дефектоскоп МГК-1 состоит из следующих основных узлов:

а) намагничивающее устройство;

б) блок воспроизведения;

г) регулирующее устройство.

Намагничивающее устройство типа УНУ (рисунок 1) состоит из 2-х стальных полюсов, скрепленных между собой стальной перемычкой (сердечником), на которой монтируется одна катушка. Стальной каркас магнита опирается на 4 колеса из немагнитного материала. Колеса расположены таким образом, что при установке устройства на поверхности изделия, между последней и колесами образуется необходимый зазор.

Для питания УНУ служит выпрямитель с выходным напряжением 12 и 24 В. (рисунок 1а).

Блок воспроизведения конструктивно исполнен на каркасе из дюралюминиевого уголка. Блок включает в себя блок питания генераторов кадров, генератор строк, лентопротяжный механизм, усилители теневой и импульсной индикации (рисунок 1б).

Выполнение работы:

Подготовка магнитной ленты

Перед началом работы, магнитная лента, независимо от того была она в употреблении или нет, должна быть подвергнута размагничиванию. Для этого она сворачивается в трубку и вставляется в центральное отверстие дросселя. Дроссель включается в сеть 220 В, после чего магнитные ленты медленно вынимаются из дросселя.

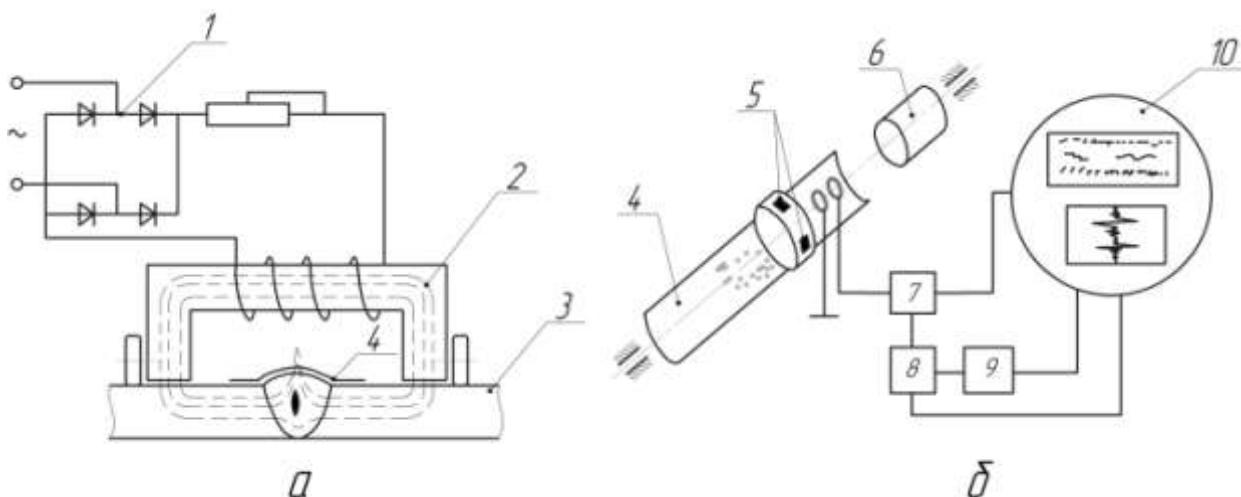


Рисунок 1 – Магнитографический контроль материалов:

а - схема намагничивания изделия; б - схема воспроизведения записи с магнитной ленты:

- 1 - источник питания электромагнита; 2 - электромагнит; 3 - изделие;
- 4 - магнитная лента; 5 - магнитные индукционные головки;
- 6 - электродвигатель; 7 - электронный усилитель; 8 - блок питания;
- 9 - генератор развертки; 10 – электроннолучевая трубка.

НЕЛЬЗЯ ОСТАВЛЯТЬ ДРОССЕЛЬ ВКЛЮЧЕННЫМ БОЛЕЕ 3 МИНУТ.

Воспрещается класть ленту на стальные предметы, которые могут оказаться намагниченными, а также подносить ленты ближе, чем на 1 метр к сварочным генераторам, электродвигателям, кабелям и др. намагничивающим предметам.

Подготовка шва

Перед контролем сварной шов должен быть очищен от грязи, воды. Со шва и зоны на 50 мм в обе стороны от его оси должны быть удалены остатки шлака и металлические брызги.

Намагничивание

Для питания регулирующего устройства используется выпрямитель. Величина тока намагничивающего устройства выбирается согласно таблице:

Таблица 1 – Выбор величины тока намагничивания от толщины металла

Толщина, мм	2	4	6	8	10	12	14	16
Ток, А	1	3	6	10	14	16	18	20

Магнитная лента эмульсионной стороной накладывается на контролируемый шов вдоль него. Лента берется на 100-150 мм длиннее контролируемого шва.

Намагничивающее устройство ЧНУ устанавливается так, чтобы шов и наложенная на него магнитная лента находились симметрично между полосами, поверх магнитной ленты необходимо наложить пояс из резины. После этого включается ток и УНУ медленно прокатывается вдоль шва.

Воспроизведение

1. Включать прибор в сеть и дать ему прогреться 2-3 минуты.
2. Откинуть крышку лентопротяжного механизма (рисунок 1б) и включить тумблер и мотор.
3. Ручками «Яркость», «Фокус ИИ», «Сдвиг Хи», «Сдвиг Уи» установить в нижней части электронной трубки светящуюся точку или линию.
4. Ручками «Яркость ТИ», «Фокус ТИ», «Сдвиг Хти», «Сдвиг Ути» установить в верхней части электронной трубки светящуюся точку или линию.
5. Ручками «Размер строки ТИ», «Размер строки ИИ» (левая сторона прибора) отрегулировать размер строк. Заложить эталонную ленту в лентопротяжный механизм и нажать на кнопку «Пуск». При этом верхняя светящаяся линия должна медленно двигаться слева направо. Ручкой «Размер кад-

ра» (левая сторона прибора) установить нижний размер кадра, т.е. размер движения строки.

Не допускается, чтобы светящаяся линия уходила за экран трубки.

Ручками «Усиление ИИ», «Усиление ТИ» установить нужное усиление так, чтобы на экране трубки были видны дефекты.

Считывание записи

Расшифровка показаний дефектоскопа с видеоиндикацией в процессе считывания с определением размеров, выявляемых в сварочных швах дефектов, производится по форме и степени почернения изображения.

При воспроизведении шва без дефектов на экране появляются две линии от краев шва (рисунок 2).

Форма изображения на экране трубки обычно соответствует форме дефекта, а степень почернения (как при рентгеновском просвечивании) характеризует глубину.

На экране дефектоскопов с видеоиндикацией получают изображения полей рассеяния от дефектов участка шва, равные длине кадра в масштабе 1:1. Однозначного масштабного соотношения между геометрическими размерами дефекта в поперечном сечении и шириной получаемого изображения на экране трубки не наблюдается, при этом дефекты выявляются в несколько увеличенном масштабе по ширине. Это способствует надежному выявлению наиболее опасных для эксплуатации сварных швов дефектов (тонких трещин, глубоких и узких непроваров).

В случае наличия на шве подреза, линия края шва в местах дефекта распирается, и степень ее почернения увеличивается.

Наличие непроваров в корне шва выявляется в виде темной линии по оси шва, степень почернения изображения характеризует глубину непровара.

Наличие шлаковых включений выявляется в виде отдельных темных пятен, форма которых примерно соответствует форме дефектов, но несколько вытянута по длине. Изображение магнитных полей, возникающих от грубой чешуйчатости и других неровностей поверхности шва, заметно отличает-

ся от изображения непровара или трещины, наблюдаемого в виде темной линии вдоль шва.

Пример оформления результатов работы

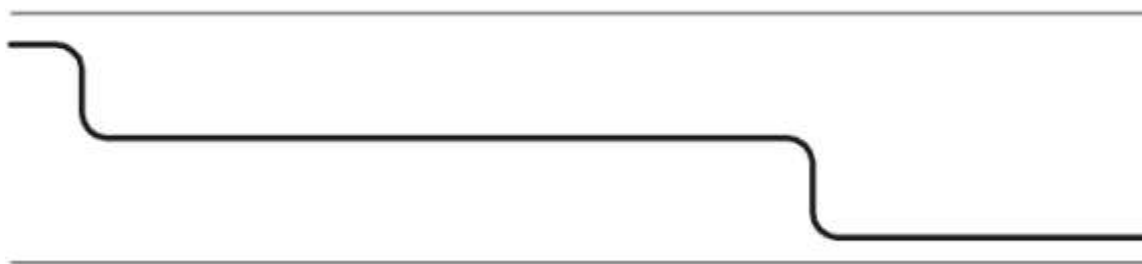


Рисунок 2 – Эскиз изображения дефекта (трещина) на экране ЭЛТ

Вывод: магнитографическим методом было выявлено присутствие в шве протяженного дефекта (трещина).

Лабораторная работа №4

Магнитопорошковый метод контроля

Цель работы: изучить конструкцию дефектоскопа 777ПМД-3М, освоить методику контроля качества изделий – сварки и наплавки.

Оборудование и материалы

1. Дефектоскопа 777ПМД-3М.
2. Магнитный порошок (магнитная эмульсия).
3. Сварные и наплавленные образцы с дефектами.

Содержание работы

Магнитопорошковый метод выявления дефектов в металле основан на том, что образовавшийся над дефектом при намагничивании изделия местный поток рассеяния, улавливается (выявляется) магнитным порошком. При этом направление намагничивающего потока должно быть перпендикулярно (или близко к этому) к плоскости дефекта. Выбор способа намагничивания детали определяется магнитными свойствами материала, формой и величиной детали, характером и расположением дефекта. Материал, имеющий низкое значение остаточной индукции, контролируется непосредственно в приложенном магнитном поле.

Дефектоскоп 777ПМД-3М позволяет проводить магнитный контроль деталей и узлов различной конфигурации при помощи электромагнита, соленоида и гибкого кабеля (рисунок 1).

Для расширения области применения дефектоскопа электромагнит снабжен несколькими видами съемных наконечников.

Источниками питания дефектоскопа могут быть:

- аккумулятор с номинальным напряжением 24 В, от которого могут питаться: электромагнит, соленоид и витки гибкого кабеля;
- агрегаты ЛИЛ;
- стартовая тележка;
- осветительная сеть переменного тока 220 В для питания только соленоида.

Подробное описание конструкции дефектоскопа дано в прилагаемом описании.

Выполнение работы

Перед намагничиванием изделия должны быть очищены от грязи, масла, брызг. Магнитная суспензия должна быть хорошо размешана.

а) Контроль деталей на остаточном намагничивании:

При этом способе деталь предварительно намагничивается, затем на ее поверхность кистью наносится магнитная суспензия.

б) Контроль деталей в приложенном магнитном поле:

В этом случае магнитную суспензию наносят на деталь в процессе намагничивания.

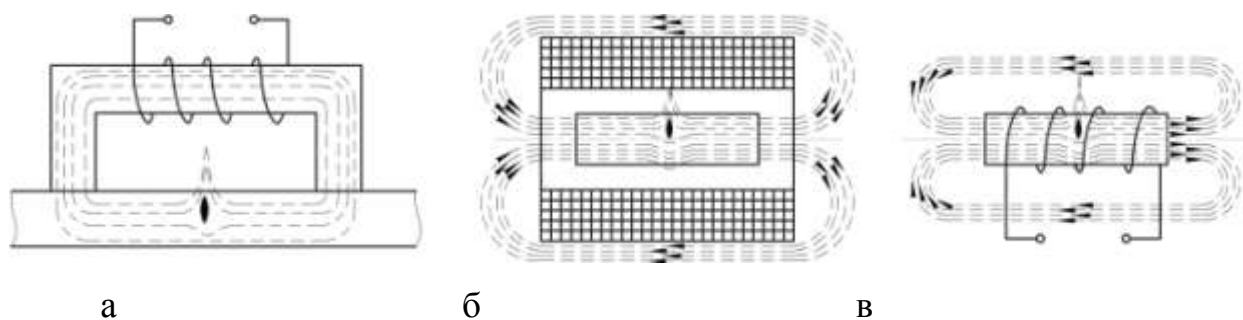


Рисунок 1 – Схемы намагничивания:

а – в поле электромагнита; б – в поле соленоида; в – в поле витка гибкого кабеля

Детали в отожженном или нормализованном состоянии можно контролировать только в приложенном поле, т.к. отжиг сильно понижает остаточную индукцию и коэрцитивную силу.

Непровар по шву дает магнитный рисунок в виде полосы у шва. Трещины, образовавшиеся при сварке, дают магнитный рисунок в виде резко очерченных линий осевшего порошка.

В работе предлагается провести контроль качества наплавки цилиндрических деталей.

1. Очистить поверхность детали.
2. Намагнитить ее в поле соленоида, питаемого переменным током напряжением 220 В.

Для этого деталь помещают внутрь соленоида. Переключатель на соленоиде ставят в положение «переменный ток». Включают на 0,5-1 с соленоид в розетку 220 В. Затем вынимают деталь из соленоида после его отключения.

3. Изделие кладут в ванночку и кистью наносят магнитную суспензию на поверхность. По истечении 1-2 минут магнитный порошок распределяется по возникшим от дефекта магнитным полям рассеяния, что позволит выявить качество сварки, наплавки, закалки, шлифовки и т.д.

4. Очищают детали от порошка и размагничивают. Для размагничивания детали пользуются также соленоидом. При включении всего соленоида, медленно вынимают из него деталь и отводят на расстояние до 1 м.

Пример оформления результатов работы

Вывод: исследованию были подвергнуты три наплавленных образца цилиндрической формы с намагничиванием в соленоиде. На одном из образцов, при нанесении магнитного порошка, четко просматривались трещины, расположенные на границе сплавления двух соседних валиков.

Лабораторная работа №5

Контроль изделий газоаналитическим (катарометрическим) методом

Цель работы:

- 1) Систематизировать знания, полученные из теоретического курса «Дефектоскопия сварных швов», в частности по разделу: «Контроль изделий протекающими веществами».
- 2) Изучить устройство течеискателя типа ТП-7101.
- 3) Получить практические навыки по газоаналитическому контролю.

Теоретические сведения

Газоаналитический (катарометрический) метод основан на регистрации изменения теплопроводности газовой смеси вследствие появления в ней ин-

дикаторного вещества, прошедшего через неплотность. При этом за эталонный газ принимают воздух, в качестве пробного газа используют водород, гелий, фреон, метан, пропан, углекислый газ и др. Этим методом контролируют герметичность замкнутых газовых систем, работающих под давлением. Корпус катарометрического преобразователя изготавливают из меди для исключения воздействия внешнего теплового поля на чувствительные элементы, выполненные в виде тонких платиновых или платинородиевых нитей. Нити, имеющие сопротивление R_d , включены в мостовую схему (рисунок 1). Мост балансируют, пропуская через оба канала преобразователя чистый воздух. При наличии неплотности пробный газ в смеси с воздухом проходит через один из каналов преобразователя, изменяя условия его охлаждения, вследствие чего мост разбалансируется. Напряжение регистрируют измерительным прибором.

Чувствительность контроля зависит от вида пробного газа и от скорости перемещения преобразователя по изделию. Оптимальной считают скорость перемещения 3-8 мм/с на расстоянии 1-3 мм от поверхности изделия.

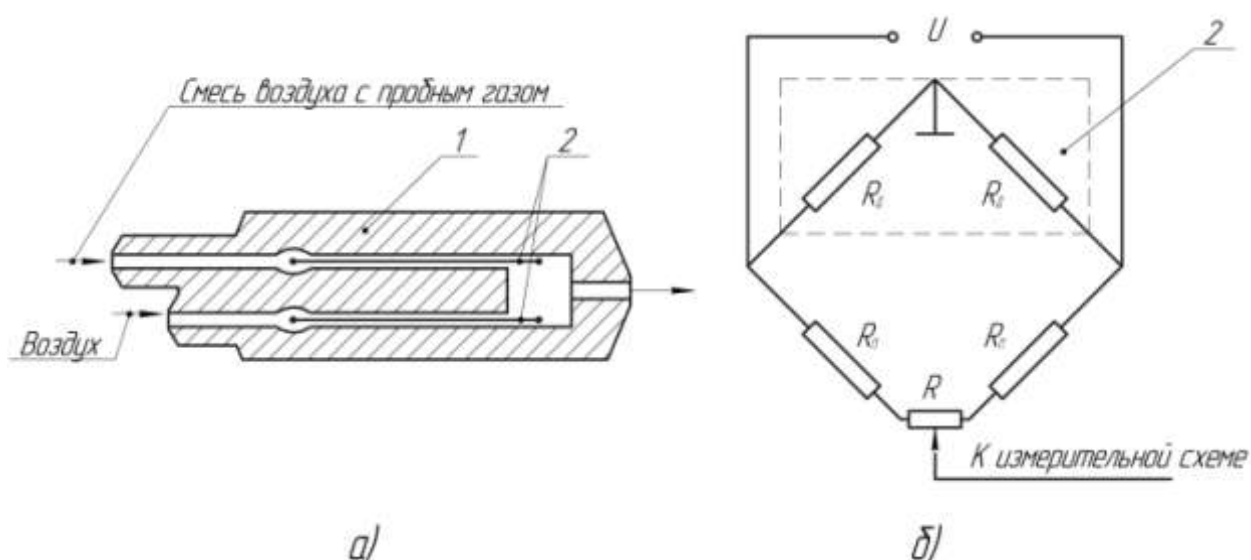


Рисунок 1 – Преобразователь катарометрического течеискателя:
 а) – приемное устройство (1 – корпус; 2 – чувствительные элементы;
 3 – преобразователь); б) – схема включения.

Пример оформления результатов работы

Вывод: ознакомились с устройством течеискателя ТП-7101 и получили практические навыки по газоаналитическому контролю. Образец №1 при проверке не выявил каких-либо дефектов в сварном шве – течи не обнаружено.

Лабораторная работа №6

Испытание сварных швов на герметичность

Цель работы:

- 1) Систематизировать знания, полученные из теоретического курса «Дефектоскопия сварных швов», в частности по разделу: «Капиллярная дефектоскопия и контроль герметичности».
- 2) Изучить устройство газоаналитического течеискателя ТП-7101, вакуум-камеры.
- 3) Получить практические навыки по контролю герметичности газами и жидкостями.

Теоретически сведения

Важнейшим эксплуатационным требованием для сварных соединений замкнутых объемов, сосудов и других изделий является сохранение непроницаемости или герметичности.

Герметичность - это свойство сварного соединения сохранять в рабочих условиях начальное количество содержащегося в изделии вещества. Степень герметичности измеряют величиной течи (утечки) в единицу времени. Характер движения жидкости или газа через течи зависит от размеров течи, состава среды и перепада давления. Оно может быть вязкостным, молекулярно-вязкостным.

Методы контроля проникающими веществами основаны на способности газов и жидкостей проникать в несквозные или проходить через сквозные дефекты в материалах вследствие межмолекулярных взаимодействий. При капиллярной дефектоскопии, основанной на взаимодействии проникающей жидкости с объектом контроля, преобладает капиллярный механизм, при контроле герметичности изделий, для которого используют газообразные пробные вещества, капиллярно-миграционный механизм.

Наличие сквозных дефектов определяют по расходу или при натекании (или утечке) жидкости или газа в контролируемый объем V в единицу времени. При нормальных условиях ($p = 10^5$ Па и температура $t = 0^\circ\text{C}$) поток, $\text{м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$, при натекании зависит от состава газовой среды и разности давлений:

$$B = V \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t}.$$

Чувствительность определяют по форме:

$$q = \pi \cdot D_{min}^3 \cdot \frac{P_{атм.}}{6 \cdot \tau},$$

где q - наименьший регистрируемый поток газа через течь, $\text{м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$;

D_{min} - минимальный регистрируемый диаметр пузырька, м;

$P_{атм.}$ - атмосферное давление, Па;

τ - время с момента образования пузырька до его исчезновения, с.

Испытание керосином

Испытание основано на высокой проникающей способности керосина. Для обнаружения неплотностей швов их покрывают меловой краской со стороны доступной для осмотра (и устранения дефектов).

Затем шов с другой стороны смачивают керосином и выдерживают необходимое по расчету время (15-60 мин). Обнаруживают несплошности диаметром $(15 \div 20) \cdot 10^{-5}$ мм. Дефекты выявляются на окрашенной мелом стороне в виде ржавых полос и пятен. Чувствительность контроля $10^{-6} \div 10^{-8}$ м³·Па/с.

Пневматические испытания

Неплотности можно определить с помощью сжатого воздуха, применяя разные способы индикации течей, например пузырьковый.

Способ мыльной пены. Изделие наполняют воздухом (или азотом) до установленного ТУ давления и обмазывают мыльной водой.

Дефекты выявляют по появлению пузырьков. Можно обнаружить поры диаметром до $10^{-6} \div 10^{-7}$ мм. Чувствительность контроля $10^{-6} \div 10^{-7}$ м³·Па/с.

Способ погружения. Изделие наполняют воздухом до небольшого избыточного давления (0,3÷3,0 ат) и погружают в воду. Негерметичность определяется также по выходящим пузырькам воздуха. Чувствительность контроля 10^{-6} м³·Па/с.

Способ вакуумирования. Вакуумирование - один из видов пневматических испытаний, но перепад давления создают не избыточным давлением, а откачкой. На изделие накладывают камеру с прозрачным верхом. При установке камеры шов смачивают мыльным раствором (30 г мыла на 1 л воды). Затем в камере создают вакуум около 0,1÷0,6 ат. Дефекты выявляются в виде пузырьков. Обнаруживают поры диаметром до 10^{-3} мм. Чувствительность контроля 10^{-6} м³·Па/с.

Испытание газоаналитическим (катарометрическим) методом.

Газоаналитический метод основан на регистрах изменения теплопроводности газовой смеси вследствие появления в ней индикаторного вещества,

прошедшего через неплотность. При этом за эталонный газ принимают воздух, в качестве пробного газа используют водород, гелий, фреон, метан, пропан, углекислый газ и др.

Этим методом контролируют герметичность замкнутых газовых систем, работающих под давлением. Чувствительность контроля зависит от вида пробного газа, например, для смеси фреона - 12 (90 % с воздухом она составляет $(2\div 4) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$).

Способ вакуумирования

Способ вакуумирования аналогичен вакуумному контролю пузырьковым методом. Применяют вакуумные присоски или разъемные вакуумные камеры. При этом присоски плотно прижимают к изделию и выполняют откачку насосом. Присоски присоединяют к течеискателю.

В зависимости от цели испытаний изделие либо обдувают любым газом (при течеискании), либо создают вокруг него гелиевую атмосферу (при контроле общей герметичности). Чувствительность контроля способом вакуумирования достигает $10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$.

Выбор методов контроля герметичности и течеискания

Выбор методов контроля проводят в соответствии с техническими требованиями, указанными в сопроводительной документации на изделие. Например, для энергомашиностроения метод (по его чувствительности) выбирают в зависимости от класса герметичности (таблица 1).

Таблица 1 – Выбор чувствительности метода контроля в зависимости от класса герметичности

Класс	1	2	3	4	5
Чувствительность метода, $\text{м}^3 \cdot \text{Па/с}$	$6,6 \cdot 10^{-10} \div$ $6,6 \cdot 10^{-11}$	$6,6 \cdot 10^{-9} \div$ $6,6 \cdot 10^{-10}$	$6,6 \cdot 10^{-8} \div$ $6,6 \cdot 10^{-9}$	$6,6 \cdot 10^{-6} \div$ $6,6 \cdot 10^{-8}$	Св. $6,6 \cdot 10^{-6}$

Испытания на герметичность проводят после наружного и внутреннего осмотров изделия, о чем делают запись в журнале испытаний. Места обнаруженных течей указывают в сопроводительной документации. При обнаружении течей, дефекты их вызывающие, устраняют, и изделие подвергают повторным испытаниям. Испытания проводят в 3 этапа:

- 1) Предварительный – определение общей герметичности.
- 2) Основной – поиск течей.
- 3) Заключительный – количественная оценка потока через течь.

Пример оформления результатов работы

Образец №1 3-го класса герметичности.

По оперативному методу (способ погружения) образец №1 прошел испытания.

По основному методу (испытание керосином) образец №1 прошел испытания.

Вывод: образец №1 соответствует 3 классу герметичности.

Лабораторная работа №6

Контроль измерением электросопротивления

Метод контроля измерением электросопротивления оказывается чувствительным к дефектам типа поверхностных трещин, подрезов, пор, непроваров, залегающих на глубине не более 4 мм от поверхности.

Наибольшее падение напряжения на дефектах имеет место при максимальном приближении токовводов и измерительных щупов к контролируемому участку.

На рисунке 1, представлена схема устройства для контроля измерением электросопротивления.

Устройство для контроля содержит два электрода 1, закрепленных в корпусе 2, источника питания 3 и измерительного прибора 4. Токовый ролик 5 посредством подшипника 6 закреплен на трубчатой оси 7. Потенциальный ролик 8 с запрессованным в него подшипником 9 припаивают к упругой оси 10, на которую напрессовывают изолирующую втулку 11. Втулку 11 посредством клеевого соединения закрепляют в трубчатой оси 7. Потенциальный ролик 8 выполняют с диаметром на 1,5-2 мм большим, чем токовый ролик 5.

Величину разности диаметров потенциального и токового роликов выбирают такой, чтобы при изгибе упругой оси потенциального ролика обеспечить надежный контакт потенциального ролика с контролируемой деталью.

Экспериментально установлено, что для стальной оси диаметром d – 1,5 мм достаточно сильное поджатие достигается при разности диаметров роликов $\delta = 1,5-2$ мм.

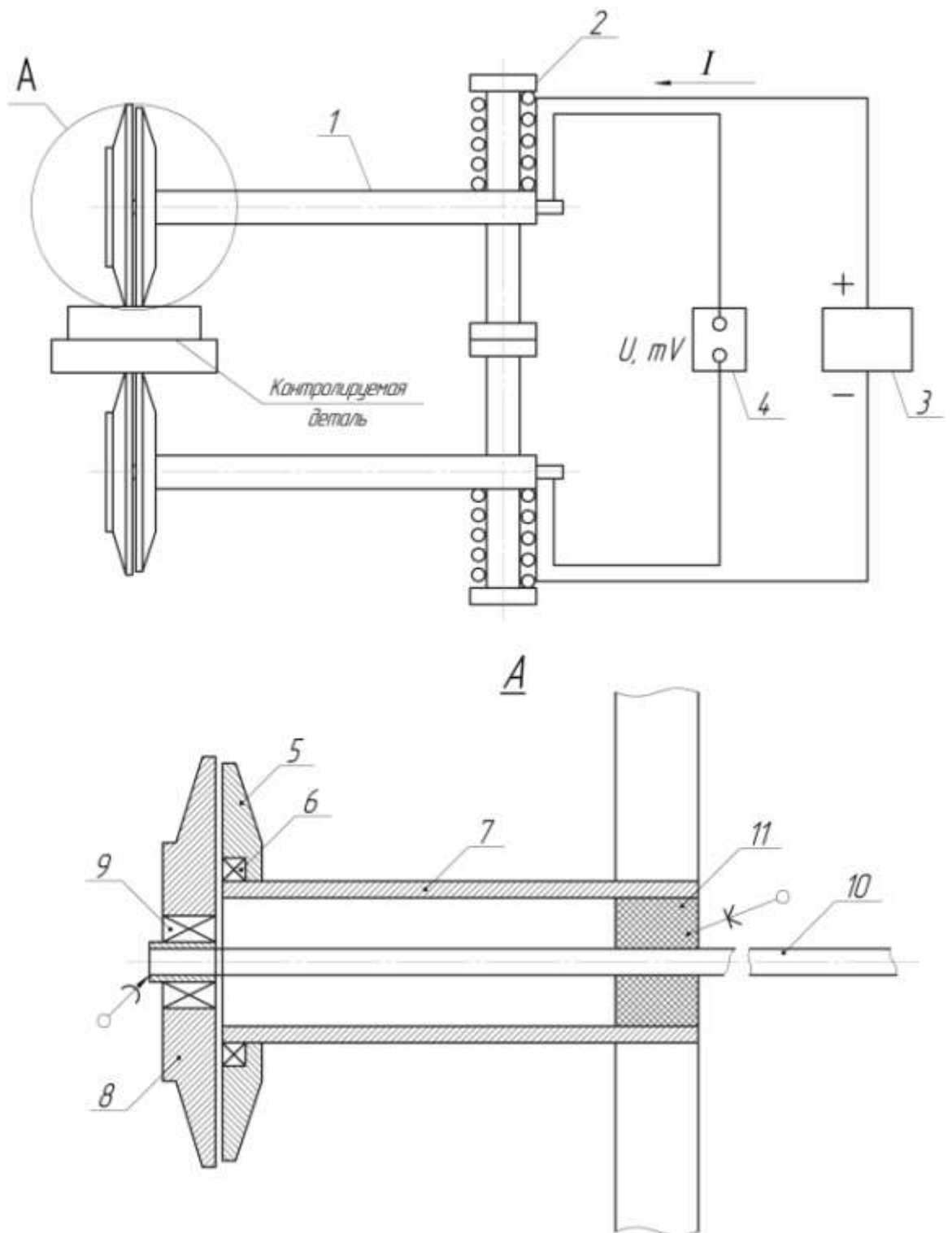


Рисунок 1 – Схема устройства для контроля измерением электросопротивления: 1 – электроды; 2 – корпус; 3 – источник питания; 4 – прибор измерительный; 5 – токовый ролик; 6,9 - подшипники; 7 - ось трубчатая; 8 – потенциальный ролик; 10 – упругая ось; 11 – изолирующая втулка



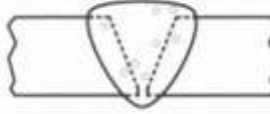


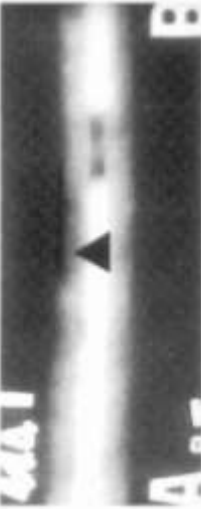
Принцип работы устройства


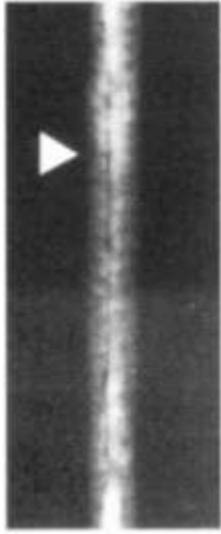
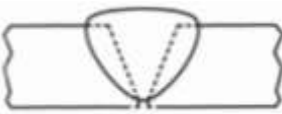

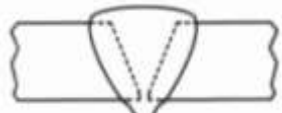

Контролируемую деталь помещают между электродами 1, электроды 1 с помощью пружин, установленных в корпусе 2. поджимают к противоположным поверхностям контролируемой детали. При этом упругая ось 10 изгибается в связи с тем, что диаметр потенциального ролика 8 больше, чем токового 5, и поджимает потенциальный ролик 8 к поверхности. Через токовые ролики 5 пропускают от источника питания 3 электрический ток величиной до 4-5 А. Деталь прокатывают между роликами и с помощью измерительного самопишущего прибора 4 регистрируют падение напряжения на контролируемой детали, пропорциональное величине электросопротивления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

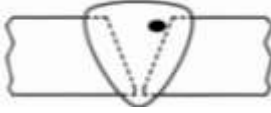
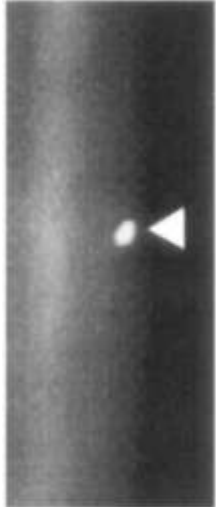

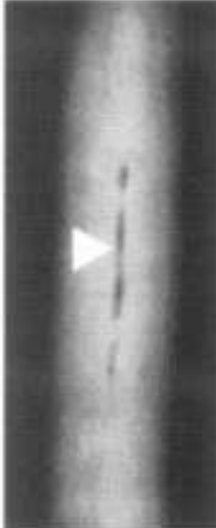

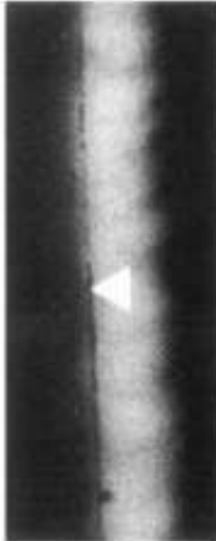
1. Котельников А. А. Производство сварных конструкций: Учебное пособие/ А. А. Котельников, В. А. Крюков, Т. В. Алпеева; Курск. Гос. техн. ун-т. Курск, 2005. 600 с.

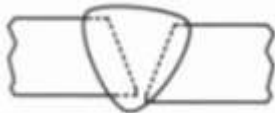
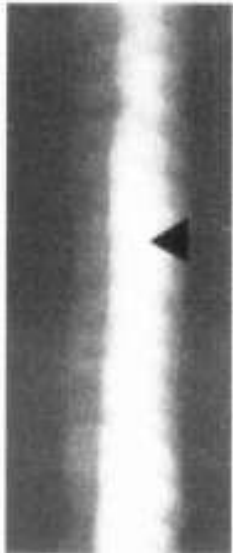
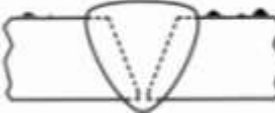

Приложение 1 – Атлас радиографических изображений основных видов дефектов сварных швов

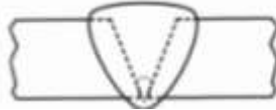

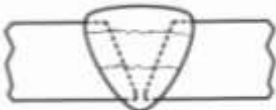
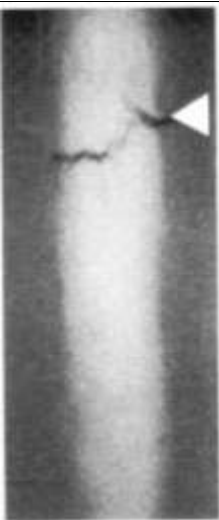

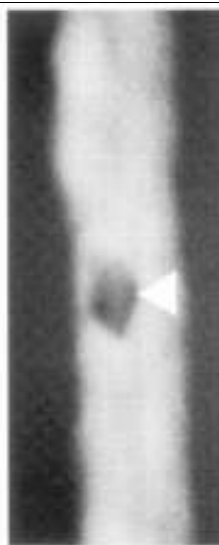
Название дефекта	Описание дефекта	Схематическое обозначение дефекта	Радиографическое изображение дефекта
Зона газовых включений	<p>Область, содержащая круглые или продолговатые выемки, образование газом, захваченным металлом сварного шва.</p> <p>На снимке: Круглые или продолговатые тёмные точки, встречающиеся группами.</p>		
Рассеянная пористость	<p>Выемки, возникшие в результате захвата газа металлом шва.</p> <p>На снимке: Чётко очерченные тёмные пятна округлой формы.</p>		
Наружный подрез	<p>Канавка или канал по основному материалу вдоль кромки шва.</p> <p>На снимке: Тёмная линия неправильной формы, идущая вдоль кромки изображения сварного стыка.</p>		
Название дефекта	Описание дефекта	Схематическое	Радиографическое


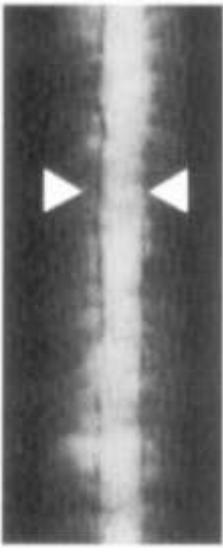
дефекта		обозначение де- фекта	изображение де- фекта
Внутренний (корневой) подрез	Канавка вдоль, кромки в теле металла свариваемой детали на нижней или внутренней поверхности сварного шва. На снимке: Тёмная линия неправильной формы в районе оси изображения шва вдоль края корневого слоя.		
Непровар	Непровар кромок в корне шва или зазор, возникший в результате незаполнения корня шва наплавленным металлом. На снимке: Тёмная непрерывная или прерывистая линия по центру изображения сварного шва.		
Избыток на- плавленного металла	Избыточная толщина металла в корне шва. На снимке: Пониженная плотность в центре изображения шва; может иметь вид линии, идущей вдоль шва, или отдельных круглых капель.		

Название де-	Описание дефек-	Схематическое	Радиографическое
--------------	-----------------	---------------	------------------

фекта	та	обозначение де- фекта	изображение де- фекта
Вольфрамовые включения	<p>Включение неболь- ших частиц вольфра- ма в материал шва. На снимке: Светлые точки непра- вильной формы, рас- положенные случай- ным образом в поле изображения сварного шва.</p>		
Шлаковые включения	<p>Продолговатые выем- ки, содержащие шлак или иные инородные материалы низкой плотности. На снимке: Утемнённые линии переменной ширины, вытянутые параллельно кромке сварного шва.</p>		
Несплавления	<p>Продолговатые пусто- ты между металлом шва и металлом изделия. На снимке: Удлиненные парал- лельные или одиноч- ные тёмные линии, иногда с тём- ными точками, вытя- нутые, в отличии от изги- бающихся продолго- ватых линий шлаковых включений, строго вдоль шва.</p>		

Название дефекта	Описание дефекта	Схематическое обозначение дефекта	Радиографическое изображение дефекта
Смещение кромок	<p>Недостаточное выравнивание изделий перед сваркой.</p> <p>На снимке: Резкое изменение плотности в направлении ширины изображения шва.</p>		
Сварочные брызги	<p>Брызги расплавленного металла в области сварного шва.</p> <p>На снимке: Белые точки рядом со сварным швом.</p>		

<p>Продольная трещина</p>	<p>Нарушение сплошности, вызванное растрескиванием металла шва вдоль оси шва. На снимке: Тёмная непрерывная или прерывистая линия вдоль изображения оси шва.</p>		
<p>Название дефекта</p>	<p>Описание дефекта</p>	<p>Схематическое обозначение дефекта</p>	<p>Радиографическое изображение дефекта</p>
<p>Поперечная трещина</p>	<p>Нарушение сплошности, вызванное растрескиванием металла шва поперек оси шва. На снимке: Тонкая тёмная прямая или слегка изломанная линия поперек изображения оси шва.</p>		
<p>Прожоги</p>	<p>Глубокая впадина или отверстие, имеющее форму кратера, в нижней части сварного шва. На снимке: Утемнённая область с неправильными краями в центре изображения сварного шва.</p>		

<p>Боковые «карманы»</p>	<p>Продолговатые пустоты, содержащие шлак или иной посторонний материал, идущие по обе стороны корня шва.</p> <p>На снимке: Удлиненные параллельные или одиночные линии большей плотности, имеющие переменную ширину.</p>	 <p>A schematic diagram of a butt joint with a V-groove. Dashed lines indicate the presence of side pockets (side 'pockets') on both sides of the root of the weld.</p>	 <p>An X-ray image of a weld joint. Two white arrowheads point to elongated, parallel lines of higher density on either side of the weld root, representing side pockets.</p>
--------------------------	--	---	--