

СТО 70238424.27.100.005-2008 Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов ТЭС. Контроль состояния металла. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.005-2008

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП "ИНВЭЛ" Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов ТЭС Контроль состояния металла Нормы и требования

ОКС 27.100.77040.11

ОКП 31 1100, 31 1200, 31 1300

Дата введения 2008-06-30

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены [Федеральным законом "О техническом регулировании" от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ](#) и [ГОСТ Р 1.0](#) "Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения".

Порядок разработки и применения стандартов организации установлены [ГОСТ Р 1.4](#) "Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения".

Настоящий стандарт устанавливает нормы и требования к методам и средствам контроля, организации и порядку проведения контроля, а также к процедуре продления сроков службы основных элементов тепломеханического оборудования котлов, турбин и трубопроводов (далее "оборудования") тепловых электрических станций (ТЭС).

Добровольное выполнение установленных в СТО норм и требований обеспечит надежность и безопасность оборудования на всех стадиях его жизненного цикла при условии использования оборудования по прямому назначению в соответствии с эксплуатационными инструкциями, не противоречащими конструкторской (заводской) документации, на протяжении срока, установленного технической документацией, с учетом возможных нестандартных (опасных) ситуаций.

Минимально необходимые требования по оценке безопасного состояния оборудования на стадии его эксплуатации вынесены в отдельный стандарт организации [СТО 70238424.27.100.011-2008](#) "Тепловые электрические станции. Методики оценки состояния основного оборудования".

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом "Всероссийский теплотехнический институт" (ОАО "ВТИ")

2 ВНЕСЕН Центральной комиссией по техническому регулированию ОАО РАО "ЕЭС России"

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ [Приказом НП "ИНВЭЛ" от 01.07.2008 N 12/5](#)

4 ВЗАМЕН СТО 17330282.27.100.005-2008* (Приказ ОАО РАО "ЕЭС России" от 06.03.2008 N 329)

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [СТО 17230282.27.100.005-2008](#). - Примечание изготовителя базы данных.

1 Область применения

1.1 Стандарт распространяется на основное и вспомогательное тепломеханическое оборудование ТЭС, работающее под избыточным давлением свыше 0,07 МПа или при температуре свыше 115 °С.

1.2 Требования настоящего стандарта направлены на обеспечение безопасности и надежности элементов следующего оборудования ТЭС:

1.3 энергетических котлов барабанных и прямоточных с номинальным давлением перегретого пара выше 4,0 МПа (экранные поверхности нагрева и экономайзеры, пароперегреватели, коллекторы, перепускные трубы, барабаны);

1.4 трубопроводов пара и горячей воды;

1.5 паровых турбин;

1.6 газовых турбин;

1.7 сосудов, работающих под давлением;

1.8 котлов паровых и водогрейных с давлением до 4,0 МПа (включительно).

1.9 Настоящий стандарт предназначен для применения генерирующими компаниями, эксплуатирующими, специализированными, экспертными, монтажными, ремонтными организациями или иными привлеченными организациями, аккредитованными в установленном порядке, деятельность которых связана с обеспечением надежного и безопасного состояния поименованного в п.1.2 оборудования.

1.10 Настоящий стандарт определяет правила, порядок, методы, нормы контроля и оценки технического состояния, критерии оценки качества оборудования ТЭС на стадии входного контроля (после выполнения монтажа, перед пуском в эксплуатацию), в процессе эксплуатации, после нештатных ситуаций (аварий), после отработки назначенного срока службы (ресурса).

1.11 Требования, определенные настоящим стандартом, могут использоваться при оценке и подтверждении соответствия перечисленного в п.1.2 оборудования.

1.12 Настоящий стандарт не учитывает все возможные особенности исполнения его требований на разнотипном оборудовании. В развитие настоящего стандарта каждая генерирующая компания может в установленном порядке разработать, утвердить и применять собственный стандарт организации, учитывающий особенности конкретного оборудования и не противоречащий требованиям действующих нормативных документов, настоящего стандарта и конструкторской (заводской) документации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

[Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 г., N 116-ФЗ](#)

[Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 г., N 184-ФЗ](#)

ГОСТ 11.878-66* Сталь аустенитная. Методы определения содержания альфа фазы. С изменениями 1, 2

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [ГОСТ 11878-66](#) (в редакции Изменения N 2 наименование стандарта - "Сталь аустенитная. Методы определения содержания ферритной фазы в прутках"). - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 12.1.004-91](#) Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

[ГОСТ 12.1.005-88](#) Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

[ГОСТ 12.1.007-76](#) Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

[ГОСТ 12.1.019-79*](#) Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

* На территории Российской Федерации документ не действует. Действует [ГОСТ Р 12.1.019-2009](#), здесь и далее по тексту. - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 12.1.030-81](#) Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

[ГОСТ 12.2.007.0-75](#) Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

[ГОСТ 12.2.032-78](#) Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

[ГОСТ 12.2.033-78](#) Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

[ГОСТ 12.2.061-81](#) Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

[ГОСТ 12.2.062-81](#) Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные

[ГОСТ 25.506-85](#) Расчёты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.

[ГОСТ 1497-84](#) Металлы. Методы испытания на растяжение

[ГОСТ 1763-68](#) (ИСО 3887-77) Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя. С изменениями N 1-4.

ГОСТ 1778-80* Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. С изменениями N 1, 2.

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [ГОСТ 1778-70](#), здесь и далее по тексту. -
Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 2789-73](#) Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения с Изменением N 1

[ГОСТ 2999-75](#) Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу с Изменениями N 1, 2

[ГОСТ 3248-81](#) Металлы. Методы испытания на ползучесть с Изменением N 1

[ГОСТ 3722-81](#) Подшипники качения. Шарики. Технические условия

[ГОСТ 3728-78](#) Трубы. Метод испытания на загиб. С изменениями N 1, 2

[ГОСТ 4543-71](#) Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия

[ГОСТ 5639-82](#) Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна

[ГОСТ 5640-68](#) Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов

[ГОСТ 6996-66](#) Сварные соединения. Методы определения механических свойств

[ГОСТ 7122-81](#) Швы сварные и металл наплавленный. Методы отбора проб для определения химического состава

[ГОСТ 7512-82](#) Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

[ГОСТ 7564-97](#) Общие правила отбора проб, заготовок образцов для механических и технологических испытаний

[ГОСТ 7565-81](#) Стали и сплавы. Метод отбора проб для определения химического состава

[ГОСТ 8233-56](#) Сталь. Эталоны микроструктуры

[ГОСТ 8693-80](#) Трубы металлические. Метод испытания на бортование

[ГОСТ 8694-75](#) Трубы. Метод испытания на раздачу

[ГОСТ 8817-82](#) Металлы. Методы испытания на осадку

[ГОСТ 9012-59](#) Металлы и сплавы. Метод определения твердости по Бринелю. С изменениями N 2, 3, 4, 5

[ГОСТ 9013-59](#) Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу шкалы А, В, С. С изменениями N 1, 2, 5

[ГОСТ 9031-75](#) Меры твердости образцовые. Технические условия. С изменениями N 1, 2, 3

[ГОСТ 9377-81](#) Наконечники и бойки алмазные к приборам для измерения твердости металлов и сплавов. Технические условия. С изменением N 1

[ГОСТ 9450-76](#) Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников. С изменениями N 1, 2

[ГОСТ 9454-78](#) Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах

[ГОСТ 9651-84](#) (ИСО 783-89) Металлы. Метод испытания на растяжение при повышенных температурах

[ГОСТ 10006-80](#) Трубы металлические. Методы испытания на растяжение. С изменениями N 1-4

[ГОСТ 10145-81](#) Металлы. Метод испытания на длительную прочность

[ГОСТ 10243-75](#) Сталь. Методы испытаний и оценка микроструктуры

[ГОСТ 10708-82](#) Копры маятниковые. Технические условия

[ГОСТ 11150-84](#) Металлы. Метод испытания на растяжение при пониженных температурах

[ГОСТ 12345-2001](#) Стали легированные и высоколегированные. Метод определения серы

[ГОСТ 12346-78](#) (ИСО 439-82; ИСО 4829-1-86) Стали легированные и высоколегированные. Метод определения кремния

[ГОСТ 12347-77](#) Стали легированные и высоколегированные. Метод определения фосфора С изменением N 1

[ГОСТ 12348-78](#) (ИСО 629-82) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения марганца

[ГОСТ 12349-83](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения вольфрама. С изменением N 1

[ГОСТ 12350-78](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения хрома

[ГОСТ 12351-2003](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения ванадия. Изменение N 1

[ГОСТ 12352-81](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения никеля. С изменением N 1

[ГОСТ 12354-81](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения молибдена. С изменением N 1

[ГОСТ 12356-81](#) Стали легированные и высоколегированные. Методы определения титана. С изменениями N 1, 2

[ГОСТ 12503-75](#) Сталь. Методы ультразвукового контроля. Общие требования. С изменением N 1

[ГОСТ 14019-80*](#) (ИСО 7438:1985) Материалы металлические. Метод испытания на изгиб

* На территории Российской Федерации документ не действует. Действует [ГОСТ 14019-2003](#), здесь и далее по тексту. - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 14249-89](#) Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность

[ГОСТ 14782-86](#) Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. С изменением N 1

[ГОСТ 15467-79](#) Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 18322-91* Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [ГОСТ 18322-78](#). - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 18442-80](#) Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования

[ГОСТ 18661-73](#) Сталь. Измерение твердости методом ударного отпечатка

[ГОСТ 19040-81](#) Трубы металлические. Метод испытания на растяжение при повышенных температурах

[ГОСТ 20700-75](#) Шпильки, гайки и шайбы для фланцевых соединений с температурой среды от 0 до 650 °С

[ГОСТ 20911-89](#) Техническая диагностика. Термины и определения

[ГОСТ 21105-87](#) Контроль неразрушающий. Магнитно-порошковый метод

[ГОСТ 22536.0-87](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Общие требования к методам анализа

[ГОСТ 22536.1-88](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Методы определения содержания общего углерода и графита

[ГОСТ 22536.2-87](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания серы

[ГОСТ 22536.3-88](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания фосфора

[ГОСТ 22536.4-88](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания кремния

[ГОСТ 22536.5-87](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания марганца

[ГОСТ 22536.7-88](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения хрома

[ГОСТ 22536.8-87](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания меди

[ГОСТ 22536.12-88](#) Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения содержания ванадия

[ГОСТ 22761-77](#) Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринелю переносными

твердомерами статического действия

[ГОСТ 22838-77](#) Сплавы жаропрочные. Методы контроля и оценки микроструктуры

[ГОСТ 22975-78](#) Металлы и сплавы. Метод определения твердости по Роквеллу при малых нагрузках (по Супер-Роквеллу)

[ГОСТ 23677-79](#) Твердомеры для металлов. Общие технические требования

[ГОСТ 23764-79](#) Гамма дефектоскопы. Общие технические условия

[ГОСТ 24030-80](#) Трубы бесшовные из коррозионностойкой стали для энергомашиностроения. Технические условия

[ГОСТ 24034-80](#) Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения

ГОСТ 24732-81* Контроль неразрушающий. Дефектоскопы магнитные и вихретоковые Технические требования

* Документ не приводится. За дополнительной информацией обратитесь по [ссылке](#). - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ 24755-89](#) Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность укрепления отверстий

[ГОСТ 25859-83](#) Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность при малоцикловых нагрузках

[ГОСТ 28473-90](#) Стали легированные и высоколегированные. Общие требования к методам анализа

[ГОСТ 28702-90](#) Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования

[ГОСТ 28840-90](#) Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

[ГОСТ 29328-92](#) Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия

[ГОСТ Р 51898-2002](#) Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты

[ГОСТ Р 51901.1-2002](#) Менеджмент риска. Анализ риска технических систем

ГОСТ Р 51901.2-2002* Менеджмент риска. Система менеджмента надёжности

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [ГОСТ Р 51901.2-2005](#). На территории Российской

Федерации документ не действует. Действует [ГОСТ Р 27.001-2009](#). - Примечание изготовителя базы данных.

[ГОСТ Р 52727-2007](#) Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования

[СТО 70238424.27.100.011-2008](#) Тепловые электрические станции. Методики оценки состояния основного оборудования

[СТО 70238424.27.010.001-2008](#) Электроэнергетика. Термины и определения

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменён (изменён), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменённым (изменённым) документом. Если ссылочный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения в соответствии [СТО 70238424.27.010.001-2008](#), а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 аккредитация лаборатории: Официальное признание того, что испытательная лаборатория правомочна осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний.

Примечание - термин "аккредитация лаборатории" может отражать признание как технической компетентности и объективности испытательной лаборатории, так и только ее технической компетентности.

3.1.2 безопасность: Отсутствие недопустимого риска;

3.1.3 основные элементы оборудования: составные части или единицы тепломеханического оборудования ТЭС, работающие под давлением более 0,07 МПа или при температуре выше 115 °С.

Примечание - к тепломеханическому оборудованию ТЭС относятся котлы, трубопроводы пара и

горячей воды, турбины паровые и газовые, сосуды, работающие под давлением.

3.1.4 недопустимый дефект: Дефект по своему характеру или (и) размерам, или (и) форме, или (и) местоположению нарушающий условия безопасной эксплуатации при регламентированных расчётных или эксплуатационных характеристиках.

3.1.5 специализированная организация: Организация, располагающая условиями и, при необходимости, полномочиями (лицензиями федеральных органов исполнительной власти) для выполнения одной или нескольких специализированных работ, направленных на обеспечение промышленной безопасности тепловых электрических станций, и подготовленным установленным порядком персоналом для их проведения, аккредитованная в соответствующей системе сертификации на выполнение соответствующих специализированных работ (услуг).

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

ТЭС - тепловая электрическая станция;

И - инструкция;

НД - нормативный документ;

ПБ - Правила безопасности;

ПТД - производственно-технологическая документация;

РД - руководящий документ;

СТО (СО) - стандарт организации;

СТО ТЭС - стандарт генерирующей компании, разработанный в развитие настоящего СТО;

ТУ - технические условия;

ЭЦ - эксплуатационный циркуляр;

ВК - визуальный контроль;

ИК - измерительный контроль;

ВИК - визуально-измерительный контроль;

ВТК - вихретоковый контроль;

РК - радиографический (радиационный) контроль;

УЗК - ультразвуковой контроль;

УЗТ - ультразвуковая толщинометрия;

МПК - магнитопорошковый контроль (дефектоскопия);

ЦД - цветной контроль (контроль методом цветной дефектоскопии);

ЛЮМ - люминесцентный метод контроля;

КК - капиллярный контроль;

МР - метод реплик;

ТВ - контроль твердости;

ИМ - исследования металла;

АЭ - акустическая эмиссия;

ИДП - измерение деформации ползучести;

ОПС - опорно-подвесная система;

КИН - коэффициент интенсивности напряжений;

СА - спектральный анализ;

СКД - сверхкритическое давление;

АРД-диаграмма - диаграмма "амплитуда-расстояние-дефект";

ПЭП - пьезоэлектрический преобразователь;

СЕРТ - сертификат (анализ сертификатных данных);

СТИЛ - стилоскопирование;

МК - магнитный контроль;

МКТН - магнитный контроль тепловой неравномерности

ТР - травление;

РОПС - ревизия опорно-подвесной системы;

ПРПС - поверочный расчёт на прочность и самокомпенсацию;

ОК - объект контроля;

ЦБЛ - центробежнолитой элемент (труба);

СО - стандартный образец;

СОП - стандартный образец предприятия;

ГТУ - газотурбинная установка;

ПГУ - парогазовая установка;

ЛНК - лаборатория неразрушающего контроля;

ВРЧ - временная регулировка чувствительности;

СОН - способ остаточной намагниченности;

СПП - способ приложенного поля;

НК - неразрушающий контроль;

ТКК - технологическая карта контроля;

ПАЭ - преобразователь акустической эмиссии;

НДС - напряжённо-деформированное состояние;

ТМГ - температурный магнитный гистерезис;

ЗТВ - зона термического влияния;

МШ - металл шва;

ОМ - основной металл;

ОА - объект анализа;

ЭПБ - экспертиза промышленной безопасности;

ВЭК - водяной эконмайзер;

ПВД - подогреватель высокого давления;

ПНД - подогреватель низкого давления;

РВД - ротор высокого давления;

РНД - ротор низкого давления;

ЦВД - цилиндр высокого давления;

ЦНД - цилиндр низкого давления.

4 Контроль энергооборудования. Требования к методам и средствам

4.1 Общие положения

4.1.1 Виды и объём контроля энергооборудования должны применяться арантирующие* выявление недопустимых дефектов в металле и сварных соединениях и обеспечивающих его высокое качество и надёжность в эксплуатации. Объём контроля должен соответствовать требованиям раздела 5 и [СТО 70238424.27.100.011-2008](#).

* Текст документа соответствует оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.

4.1.2 Организация, порядок проведения и оценки результатов контроля должны соответствовать требованиям действующих на территории России системы экспертизы промышленной безопасности и системы неразрушающего контроля, а также национальным стандартам.

4.1.3 Основными методами неразрушающего контроля металла и сварных соединений являются:

- визуальный и измерительный;
- ультразвуковой;
- радиографический;
- капиллярный (как разновидность капиллярного - цветной или люминесцентный);
- магнитопорошковый;
- акустикоэмиссионный;

- вихретоковый;
- стилоскопирование;
- измерение твердости;
- магнитный контроль тепловой неравномерности;
- металлографический анализ;
- гидравлическое испытание.

Помимо указанных могут применяться другие (дополнительные) методы контроля, при этом дополнительные методы контроля являются факультативными и не заменяют регламентированные настоящим стандартом основные методы контроля.

4.1.4 При разрушающем контроле проводятся:

- химический анализ (определение элементного состава);
- механические испытания (определение механических свойств);
- технологические испытания;
- испытания на длительную прочность;
- фазовый (карбидный) анализ.

Кроме этого могут применяться другие методы испытаний (ползучесть, статическая трещиностойкость, циклическая трещиностойкость, усталостная прочность и др.) и исследований (фрактография, микроэлементный анализ и др.).

4.1.5 Неразрушающий контроль при монтаже, эксплуатации, ремонте и техническом диагностировании на тепловых электростанциях осуществляется самой эксплуатирующей организацией, т.е. находящейся в её структуре лабораторией неразрушающего контроля (лабораторией металлов), или таковыми лабораториями подрядных организаций.

4.1.6 Неразрушающие и разрушающие методы контроля не требуют специальной лицензии.

4.1.7 Лаборатория неразрушающего контроля должна быть аттестована в действующей на территории Российской Федерации системе неразрушающего контроля специально уполномоченных органов федеральной исполнительной власти и Ростехрегулирования.

Аттестация проводится в соответствии с положениями "Системы экспертизы промышленной безопасности" специализированными организациями, аккредитованными специально

уполномоченным органом федеральной исполнительной власти.

В свидетельстве об аттестации указывается, какими методами неразрушающего контроля владеет данная лаборатория и на каких объектах (оборудовании) допускается работа по контролю данной лабораторией.

Свидетельство об аттестации подтверждает, что лаборатория оснащена необходимой аппаратурой и оборудованием, имеет соответствующую нормативно-техническую и учетно-отчетную документацию, укомплектована аттестованным персоналом.

4.1.8 Вся дефектоскопическая аппаратура и контрольный инструмент лаборатории должны быть сертифицированы, иметь технический паспорт и быть поверены (аттестованы), исходя из требований отдельно для каждого вида контроля.

Аппаратура и средства контроля, включая стандартные образцы, должны проходить метрологическую поверку в соответствии с установленным порядком.

Каждая партия материалов для дефектоскопии (порошки, суспензии, плёнка, химические реактивы и пр.) в процессе использования должны подвергаться контролю.

4.1.9 Нормативно-техническая документация (Технические регламенты, стандарты, Правила, Инструкции, Методики, технологии контроля и т.п.) должна соответствовать профилю работ лаборатории, быть актуальной, утверждена в установленном порядке и представлена в полном объеме.

4.1.10 Персонал лаборатории, проводящий неразрушающий контроль, должен быть обучен и аттестован в специализированных аттестационных центрах в соответствии с установленным порядком.

Заключение по результатам контроля имеют право давать только специалисты II и III уровня квалификации.

Специалисты-дефектоскописты подвергаются обязательной периодической аттестации (теоретической и практической). При перерыве в работе более шести месяцев проводится внеочередная аттестация

4.1.11 Специалисты, участвующие в проведении контроля, должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты в зависимости от вида и места работы.

Расположение и организация рабочих мест на участке проведения контроля, оснащение их приспособлениями, необходимыми для безопасного выполнения технологических операций, должны соответствовать требованиям безопасности по [ГОСТ 12.2.032](#), [ГОСТ 12.2.033](#), [ГОСТ 12.2.061](#), [ГОСТ 12.2.062](#).

Содержание вредных веществ, температура, влажность в рабочей зоне - по [ГОСТ 12.1.005](#) и [ГОСТ](#)

12.1.007.

4.1.12 Требования электробезопасности должны соответствовать [ГОСТ 12.2.007.0](#), [ГОСТ 12.1.019](#).
Защитное заземление или зануление - по [ГОСТ 12.1.030](#).

4.1.13 При размещении, хранении, транспортировании и использовании дефектоскопических и вспомогательных материалов, отходов производства и объектов, прошедших контроль, следует соблюдать требования к защите от пожаров, изложенные в [ГОСТ 12.1.004](#).

4.1.14 При выполнении контроля состояния металла на высоте в местах, где отсутствуют стационарные площадки, должны устанавливаться леса и подмости, обеспечивающие удобное и безопасное расположение персонала и аппаратуры.

4.1.15 Контроль состояния металла непосредственно на оборудовании должен выполняться бригадой в составе не менее двух человек. При работе в замкнутом объеме (внутри сосудов, барабанов и т.д.) один член бригады должен находиться снаружи и страховать выполняющего контроль специалиста.

4.1.16 При отсутствии на рабочем месте стационарных розеток подключение к электрической сети и отключение от неё аппаратуры должны выполнять дежурные электрики.

4.1.17 Результаты контроля должны фиксироваться в отчётной технической документации (журналах, формулярах, заключениях, актах, протоколах и т.д.).

4.1.18 Организация и подготовка оборудования к контролю возлагается на техническое руководство ТЭС.

Технические службы ТЭС должны предоставить на объект контроля (ОК) всю необходимую техническую документацию:

- исполнительные схемы, сварочные формуляры, чертежи, эскизы;
- акты поузловой приёмки, сертификаты на материалы и т.п.;
- сведения об условиях эксплуатации и "биографию" ОК;
- результаты предшествующего контроля.

4.2 Неразрушающий контроль

4.2.1 Визуальный и измерительный контроль

4.2.1.1 Визуальный контроль наружной и внутренней поверхностей элементов энергооборудования и измерительный контроль проводят с целью обнаружения и определения размеров дефектов, образовавшихся при изготовлении или монтаже элемента оборудования, в процессе его

эксплуатации, при ремонте.

4.2.1.2 Целью визуального контроля является выявление отклонений и дефектов, в том числе:

- трещин, образующихся чаще всего в местах геометрической, температурной и структурной неоднородности;
- коррозионных и коррозионно-усталостных повреждений металла;
- эрозионного износа поверхностей оборудования;
- дефектов сварки в виде трещин, пор, свищей, подрезов, прожогов, незаплавленных кратеров, чешуйчатости поверхности, несоответствия размеров швов требованиям технической документации;
- выходящих на поверхность расслоений;
- изменений геометрических размеров и формы основных элементов оборудования по отношению к первоначальным (проектным) их геометрическим размерам и форме.

4.2.1.3 По результатам визуального и измерительного контроля может быть уточнена (дополнена) программа неразрушающего контроля объекта.

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

Дефекты, выявленные при визуальном и измерительном контроле, должны быть устранены до выполнения последующей технологической операции или до приемки объекта контроля. Устранение выявленных дефектов должно выполняться в соответствии с требованиями производственно-технологической документации (ПТД). Если дефекты, выявленные при визуальном и измерительном контроле, не препятствуют дальнейшему применению других видов (методов) неразрушающего контроля, эти дефекты могут быть устранены после завершения контроля другими видами (методами) контроля.

4.2.1.5 Визуальный и измерительный контроль при монтаже, ремонте, реконструкции, а также в процессе эксплуатации или при техническом диагностировании технических устройств выполняется на месте производства работ. В этом случае должно быть обеспечено удобство подхода специалистов, выполняющих контроль, к месту производства контрольных работ, созданы условия для безопасного производства работ, в том числе в необходимых случаях должны быть установлены леса, ограждения, подмости, люльки, передвижные вышки или другие вспомогательные устройства, обеспечивающие оптимальный доступ (удобство работы) специалиста к контролируемой поверхности, а также обеспечена возможность подключения ламп местного освещения.

4.2.1.6 Визуальный и измерительный контроль оборудования следует проводить после прекращения его работы, сброса давления, охлаждения, дренирования, отключения от другого оборудования, если иное не предусмотрено действующей производственной документацией. При необходимости

внутренние устройства должны быть удалены, изоляционное покрытие и обмуровка, препятствующие контролю технического состояния металла и сварных соединений, частично или полностью сняты в местах, указанных в Программе контроля.

Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта в зоне контроля должна быть очищена от различных загрязнений, препятствующих проведению контроля, а при необходимости должна быть зачищена до чистого металла. При этом толщина стенки контролируемого изделия не должна уменьшаться за пределы минусовых допусков и не должны инициироваться недопустимые согласно требованиям НД (ТУ, Правил специально уполномоченных органов федеральной исполнительной власти, раздела 7 настоящего стандарта и др.) дефекты (риски, царапины и др.).

4.2.1.7 Визуальный и измерительный контроль сварных соединений должен производиться с внутренней и наружной сторон по всей их протяженности. В случае недоступности для визуального и измерительного контроля внутренней или наружной поверхности контроль производится только с одной стороны.

При визуальном и измерительном контроле сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва, а также примыкающих к нему участки основного металла в обе стороны от шва.

4.2.1.8 Основной задачей измерительного контроля является определение геометрических параметров (размеров) выявленных при визуальном контроле отклонений и дефектов (смещений, отклонений формы и размеров кромок, дефектов формы и размеров швов, трещин, коррозионных язв, раковин, других поверхностных несплошностей и т.д.).

Измерительный контроль выполняется, в частности, для определения овальности цилиндрических элементов. Овальность цилиндрических элементов определяют путём измерения максимального (D_{max}) и минимального (D_{min}) наружного или внутреннего диаметров в двух взаимно перпендикулярных направлениях контрольного сечения. Величина овальности вычисляется по формуле:

$$a = \frac{2 \cdot (D_{max} - D_{min})}{(D_{max} + D_{min})} \cdot 100 \% \quad (1)$$

4.2.1.9 В случае обнаружения вмятин или выпучин в стенках элементов оборудования следует измерять максимальные размеры вмятины или выпучины по поверхности элемента в двух (продольном и поперечном) направлениях (и соответственно) и максимальную ее глубину. Глубину вмятины (выпучины) отсчитывают от образующей недеформированного элемента. По выполненным измерениям определяют относительный прогиб в процентах:

$$(\delta / m) \cdot 100 \%$$

$$(\delta / n) \cdot 100 \%$$

4.2.1.10 На паропроводах, работающих в условиях ползучести, выполняют измерения остаточной деформации ползучести. Остаточную деформацию ползучести паропровода измеряют микрометром с

точностью шкалы до 0,05 мм по реперам, устанавливаемым на прямых трубах длиной 500 мм и более, а также на гнутых отводах, имеющих прямые участки длиной не менее 500 мм. Реперы располагаются по двум взаимно перпендикулярным диаметрам в средней части каждой прямой трубы, прямого участка каждого гнутого отвода на расстоянии не менее 250 мм от сварного соединения или начала гнутого участка. При невозможности установки реперов в двух взаимно перпендикулярных направлениях допускается установка только одной пары реперов.

Приварка реперов к телу контролируемой трубы должна осуществляться только аргонодуговым способом сварки.

Установка реперов на трубы и нанесение на исполнительную схему-формуляр мест их расположения производятся во время монтажа при непосредственном участии представителя лаборатории металлов и цеха, эксплуатирующего паропровод.

Реперы на схеме должны иметь нумерацию, остающуюся постоянной в течение всего периода эксплуатации паропровода.

Места расположения реперов должны быть отмечены указателями, выступающими над поверхностью изоляции паропровода.

Измерение остаточной деформации ползучести проводится при температуре стенки трубы не выше 50 °С.

Остаточная деформация ползучести от начала эксплуатации до n -го измерения определяется по формуле:

$$\Delta \varepsilon_n = \frac{D_i - D_{исх}}{D_{тр}} \cdot 100 \quad \%, (2)$$

где $\Delta \varepsilon_n$ - остаточная деформация ползучести, %;

D_i - диаметр, измеренный по реперам при n -м измерении в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (горизонтальной $D_{гг}$, вертикальной $D_{вг}$), мм;

$D_{исх}$ - исходный диаметр трубы, измеренный по реперам в исходном состоянии, мм;

$D_{тр}$ - наружный диаметр трубы, измеренный вблизи реперов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в исходном состоянии, мм.

В формулу (2) подставляются значения измерений как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Наибольшее полученное значение принимается за расчётное.

4.2.1.11 Визуальный и измерительный контроль проводят невооруженным глазом и (или) с применением инструментальных средств, включая:

- лупы, в том числе измерительные, от 2 до 7 кратного (или до 20-кратного) увеличения;
- штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки и угольники поверочные 90° лекальные);
- штангенциркули, штангенрейсмусы и штангенглубиномеры;
- щупы, угломеры;
- стенкомеры и толщиномеры индикаторные;
- микрометры, нутромеры микрометрические и индикаторные, калибры и шаблоны;
- эндоскопы;
- и другие средства измерений.

4.2.1.12 Допускается применение новых средств визуального и измерительного контроля при условии наличия соответствующих инструкций, методик их применения с использованием специальных приборов и методов измерения, в том числе оптических, механических, гидростатических, радиотехнических, лазерных, телевизионных и прочих при условии обеспечения погрешности измерения не более величин, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - 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 4,0 до 6,0 включительно	0,6
Свыше 6,0 до 10,0 включительно	0,8
Свыше 10,0	1,0

4.2.1.13 Измерительные приборы и инструменты должны периодически, а также после ремонта проходить поверку (калибровку) в метрологических службах, аккредитованных Ростехрегулированием. Срок проведения поверки (калибровки) устанавливается нормативной документацией на соответствующие приборы и инструменты, средства измерения.

4.2.2 Ультразвуковой контроль

4.2.2.1 Общие положения

Ультразвуковой контроль применяется при монтаже, ремонте (реконструкции) и эксплуатации тепловых электростанций, а также при техническом диагностировании оборудования для выявления дефектов основного и наплавленного (сварных соединений) металла, возникающих при изготовлении (монтаже и ремонте) или при эксплуатации, а также для измерения толщины стенки (толщинометрии) деталей.

Основные положения, касающиеся метода ультразвукового контроля металла, изложены в [ГОСТ 12503](#) и [ГОСТ 14782](#).

Ультразвуковому контролю подвергаются следующие элементы и детали тепломеханического оборудования (объекты контроля - ОК), изготовленные из сталей перлитного и мартенситно-ферритного классов (кроме литья):

- основной металл гнутых участков (гибов) трубопроводов толщиной свыше 3,5 мм и диаметром более 57 мм;
- наружная и внутренняя поверхность корпусов пароохладителей и пусковых впрысков, в том числе в местах резки впрыскивающих устройств;
- наружная и внутренняя поверхность камер коллекторов и труб в местах резки штуцеров, дренажных линий и т.п.;
- основной металл и резьбовая поверхность деталей крепежа (шпильки, болты) диаметром более М30;
- металл цельнокованых роторов высокого и среднего давления паровых и газовых турбин;
- металл валов роторов среднего и низкого давления;
- металл насадных дисков;
- металл рабочих лопаток паровых турбин;
- стыковые кольцевые (поперечные) сварные соединения трубопроводов, коллекторов и труб поверхностей теплообмена с толщиной стенки от 2 до 120 мм и более, и диаметром более 10 мм;
- продольные и спиральные стыковые сварные соединения трубопроводов с толщиной стенки от 6 мм и более;
- стыковые кольцевые и продольные сварные соединения обечаек и днищ барабанов и сосудов;
- кольцевые угловые сварные соединения с полным проплавлением с толщиной стенки более 4,5 мм;

- стыковые кольцевые сварные соединения труб поверхностей теплообмена из сталей аустенитного класса;

- наплавки на участках ремонта сварных соединений или на основном металле элементов.

Ультразвуковой толщинометрии подвергаются следующие элементы и детали тепломеханического оборудования, изготовленные из сталей перлитного и мартенситно-ферритного классов:

- участки трубопроводов, коллекторов и труб поверхностей теплообмена, а также дренажных и сбросных трубопроводов;

- участки патрубков за арматурой (задвижками, отсечными и регулирующими клапанами и т.п.) и дросселирующими устройствами;

- гнутые участки трубопроводов (гибы) в растянутой и нейтральной части;

- барабаны котлов;

- сосуды, работающие под давлением;

- корпусные детали турбин и арматуры (по специальной методике).

Примечание - При толщинометрии определяется соответствие толщины стенок элементов прочностным расчетам, выявляются участки коррозионных и эрозионных поражений и определяется величина утонения.

4.2.2.2 Участок ультразвукового контроля

а) Участок (группа) ультразвукового контроля входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующей аппаратурой и принадлежностями. Персонал, проводящий ультразвуковой контроль, должен быть обучен и аттестован в установленном порядке.

в) В приложении к "Свидетельству об аттестации" лаборатории (в видах контроля) должен быть указан ультразвуковой контроль и ультразвуковая толщинометрия и перечислено оборудование, на котором допускается его применение.

4.2.2.3 Требование к аппаратуре

а) В дефектоскопии тепломеханического оборудования ТЭС применяется импульсный эхо метод ультразвукового контроля и используется следующая аппаратура и принадлежности:

- ультразвуковые дефектоскопы;

- ультразвуковые толщиномеры;

- ультразвуковые преобразователи;

- стандартные образцы;

- вспомогательные приспособления и оснастка для контроля;

- диаграммы, шкалы и таблицы для расшифровки результатов контроля.

б) Ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры (отечественные или иностранные) должны иметь Технический Паспорт и Сертификат соответствия ("сертификат об утверждении средства измерения") и ежегодно поверяться аккредитованной метрологической организацией.

в) Ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) также должны иметь Паспорт с техническими характеристиками и поверяться аналогично дефектоскопам.

г) Стандартные образцы для настройки аппаратуры подразделяются на: изготовленные согласно ГОСТ (стандартные образцы - СО) и образцы, используемые предприятием непосредственно при производственном контроле (стандартные образцы предприятия - СОП). Образцы обоих типов должны иметь Паспорт и подвергаться поверке каждые три года.

д) Диаграммы и таблицы для расшифровки результатов контроля составляются аккредитованными организациями, а их соответствие подтверждается документом.

4.2.2.4 Подготовка к контролю

а) Подготовка к контролю заключается в подготовке самого объекта контроля и обеспечении возможности безопасного его проведения.

В производственных условиях необходимо обеспечить удобный и безопасный доступ к изделию. При необходимости, изготавливать леса и подмости, устанавливать навесы и тепляки.

б) При подготовке объекта контроля (изделия) необходимо обеспечить его максимальную контроледоступность. Степень контроледоступности определяется возможностью прозвучивания контролируемого объема металла со всех возможных сторон и направлений.

г) Подготовка контактной (сканируемой) поверхности ОК заключается в удалении изоляции, очистке от грязи, отложений, брызг металла (после сварки) и её механической обработке (зачистке). Размеры подготовки участка сканирования определяются технологией контроля:

- для контроля основного металла и толщинометрии подготавливается непосредственно поверхность контролируемого участка;

- для контроля сварного шва подготавливаются околошовные зоны (от примерно* 50 до 200 мм).

* Текст документа соответствует оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.

Подготовленная поверхность не должна иметь следов окалины, грубых рисок, раковин, заусенцев, шероховатость должна быть не хуже 40 мкм.

4.2.2.5 Выбор схем и параметров контроля

а) Ультразвуковой контроль (измерения) проводится с поверхности изделия. Для контроля используются наклонные и прямые или раздельно-совмещённые (р/с) пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП). Для толщинометрии прямые и р/с ПЭП.

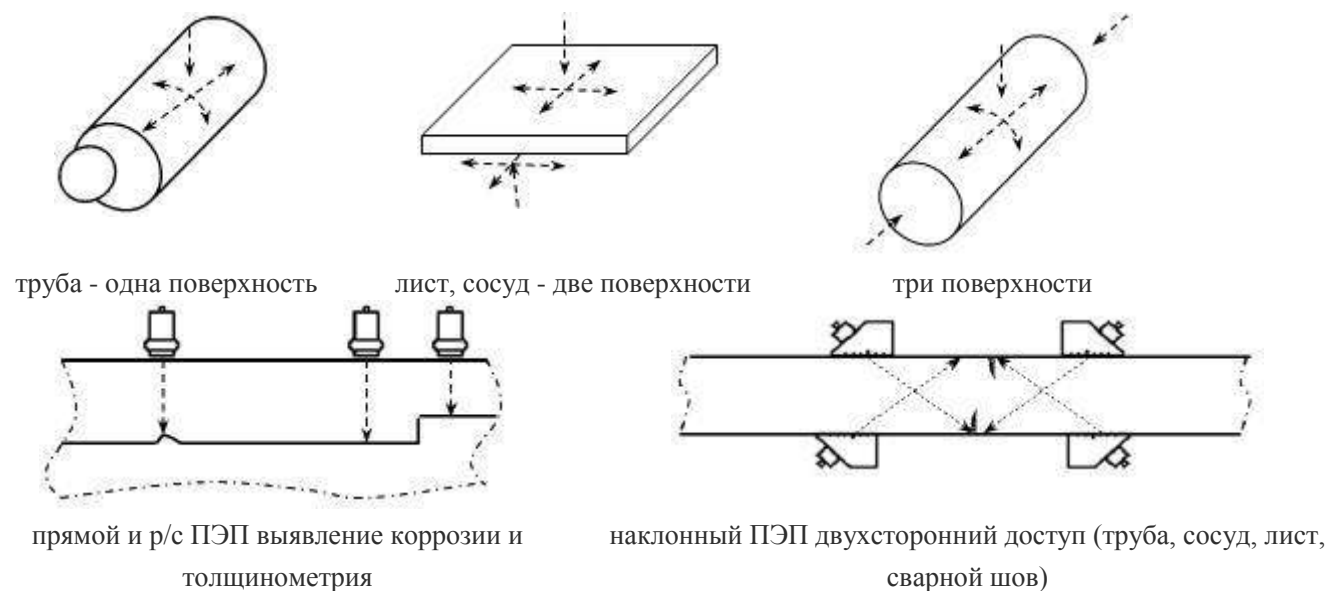
Схемы контроля (сканирования) должны выбираться из соображения прозвучивания всего объема контролируемого металла со всех возможных поверхностей и направлений.

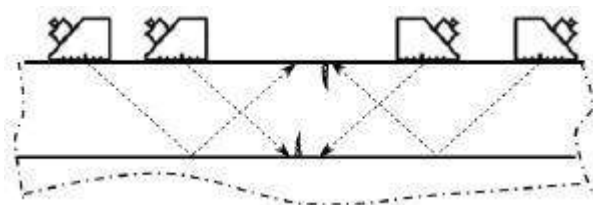
б) Контроль наклонными ПЭП проводится прямым и однажды отраженным лучом. При возможном доступе со всех поверхностей (наружной и внутренней) и направлений - только прямым лучом.

Угол ввода ультразвуковой волны для наклонных ПЭП выбирается из расчета наилучшего отражения от вероятных несплошностей в данном ОК.

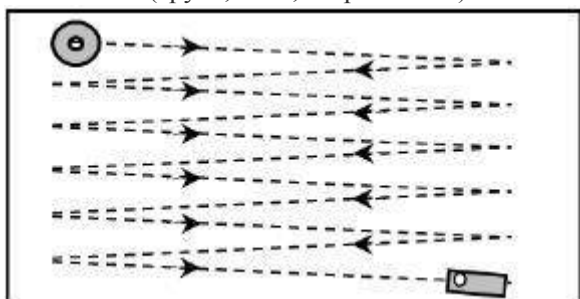
Схемы сканирования приведены на рисунке 4.1.

Рисунок 4.1 - Схемы сканирования прямым и наклонным ПЭП

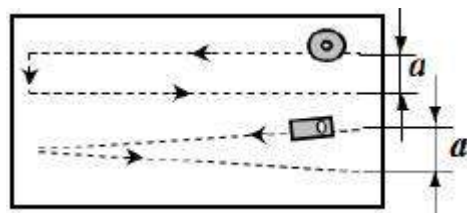




наклонный ПЭП
 односторонний доступ
 (труба, лист, сварной шов)



прямой и р/с ПЭП
 выявление несплошностей



- шаг сканирования равен половине ширины
 (диаметра) пьезоэлемента

особенности сканирования при использовании наклонного ПЭП

Рисунок 4.1 - Схемы сканирования прямым и наклонным ПЭП

в) К основным параметрам контроля, учитывающимся при настройке, относятся:

- тип используемого ПЭП (прямой, наклонный, р/с, специализированный и т.п.);
- рабочая частота используемых ультразвуковых колебаний;
- угол ввода ПЭП и "стрела" (для наклонных и некоторых р/с);
- чувствительность контроля;
- схемы контроля.

4.2.2.6 Настройка аппаратуры

а) Ультразвуковые толщиномеры предназначены для измерения толщин, их настройка проводится по заводским инструкциям.

Примечание - Если настройка толщиномеров проводится по образцам, то необходимо, чтобы образцы по толщинам и маркам материала соответствовали контролируемым изделиям.

б) Ультразвуковые дефектоскопы предназначены для выявления отражателей (несплошностей), измерения их характеристик для последующей оценки; поэтому дефектоскопы нуждаются в предварительной настройке - калибровке.

в) Различают три основные настройки дефектоскопов:

- настройка блоков глубиномера (устройств для измерения координат и условных размеров отражателей);

- настройка скорости развертки (настройка дисплея - экрана) дефектоскопа и установка "зоны контроля";

- настройка чувствительности контроля для выявления и оценки отражателей (несплошностей).

В современных цифровых дефектоскопах, снабженных микропроцессором и энергонезависимой памятью, эти настройки могут быть частично уже заложены в программе, а новые выполняются согласно инструкций разработчиков.

г) Настройка глубиномера заключается в калибровке его измерительных устройств с учетом скорости распространения ультразвуковой волны в контролируемом материале. Для прямого отсчета координат (и) отражателей при использовании наклонных ПЭП при калибровке дополнительно учитывается угол ввода (преломления).

Примечание - Если настройку рекомендуют проводить по образцам, то необходимо чтобы образцы по толщинам и марке материала соответствовали контролируемым изделиям.

д) Настройка скорости развертки заключается в выборе оптимального масштаба экрана дефектоскопа. Выбранный масштаб должен обеспечивать нахождение в максимально-большей части экрана всех эхо-сигналов от отражателей в ОК.

"Зоной контроля" выделяется на экране контролируемое сечение ОК, т.е. "зона контроля" является ожидаемой областью эхо-сигналов от несплошностей. Настройка развертки и установка зоны производится по торцевым углам или искусственным отражателям стандартных образцов (СО и СОП). Границы "зоны контроля" фиксируются на экране маркерами дефектоскопа, например "стробом". Возможна безобразцовая настройка с помощью цифрового глубиномера дефектоскопа.

После настройки линия развертки на экране отображает путь (время) прохождения ультразвукового луча в ОК - рисунок 4.2.

БО - ближний отражатель, **ДО** - дальний отражатель

Рисунок 4.2. - Настройка скорости развертки

е) Настройка чувствительности заключается в установке таких режимов приемно-передающего тракта дефектоскопа, при которых возможно уверенное выявление различных по размеру отражателей (в том числе минимальных).

Величина амплитуды эхо-сигнала на экране отображает количество отражённых ультразвуковых колебаний и определяется величиной и ориентацией отражающей поверхности несплошности.

Амплитуду эхо-сигнала можно менять (регулировать) изменением режима работы дефектоскопа, поэтому правильная настройка (калибровка) чувствительности позволяет соотнести амплитуду эхо-сигнала с величиной отражающей поверхности несплошности и оценить её геометрические размеры.

Чувствительность является одним из основных параметров ультразвукового контроля.

1) Понятие "калибровки" чувствительности актуально в тех случаях, когда оценка допустимости несплошности проводится по величине её условных характеристик.

В других случаях, когда оценка проводится по схеме "да/нет" настройка чувствительности производится упрощенным способом, без калибровки.

2) В практике устанавливают следующие уровни чувствительности:

- "браковочный уровень" - оценивается допустимость несплошностей по амплитуде эхо-сигнала. Определяется эквивалентной площадью максимально допустимой несплошности, регламентируемой

"Нормами";

- "контрольный уровень" - производится фиксация несплошностей, измерение их условных характеристик и дальнейшая оценка в соответствии с "Нормами";

- "поисковый уровень" - при этом уровне производится непосредственно контроль (сканирование) ОК и поиск несплошностей.

Наивысшая чувствительность контроля устанавливается при "поисковом уровне".

Поисковый уровень должен превышать контрольный на 6 дБ, а браковочный - на 12 дБ.

3) В случаях, когда нет возможности или необходимости в измерении условных характеристик несплошностей, используют только два уровня чувствительности: "браковочный" и "поисковый".

Примечание - Существует еще "опорный" уровень чувствительности, он применяется при контроле с использованием различных диаграмм, таблиц и шкал.

4) В качестве основного, эталонного (контрольного) искусственного отражателя для настройки чувствительности стандарт ([ГОСТ 14782](#)) предусматривает глухое отверстие с плоским дном, ориентированным перпендикулярно акустической оси ПЭП. Площадь дна отверстия (отражающая поверхность) задается НД и является эквивалентной площадью ($S_{\text{ЭКВИВ}}$) одиночной несплошности, фиксируемой или максимально допускаемой в данном объекте контроля - рисунок 4.3. Кроме плоскдонного отверстия, для наклонных ПЭП [ГОСТ 14782](#) допускает использование "зарубок" и "сегментов" - рисунок 4.4. В практике также используются вертикальные сверления, запылы, риски и другие отражатели. Площадь отражающих поверхностей любых отражателей пересчитывается относительно площади "плоскодонки".

Рисунок 4.3 - Плоскодонный отражатель на фиксированной глубине

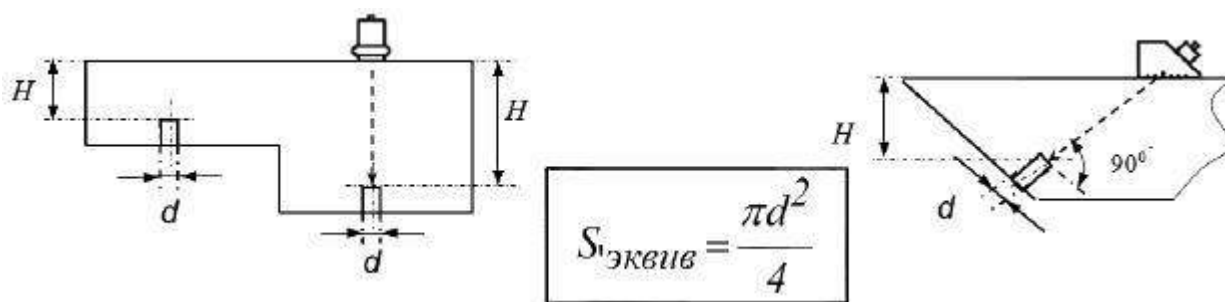


Рисунок 4.3 - Плоскодонный отражатель на фиксированной глубине

Рисунок 4.4 Отражатели в виде зарубки и сегмента

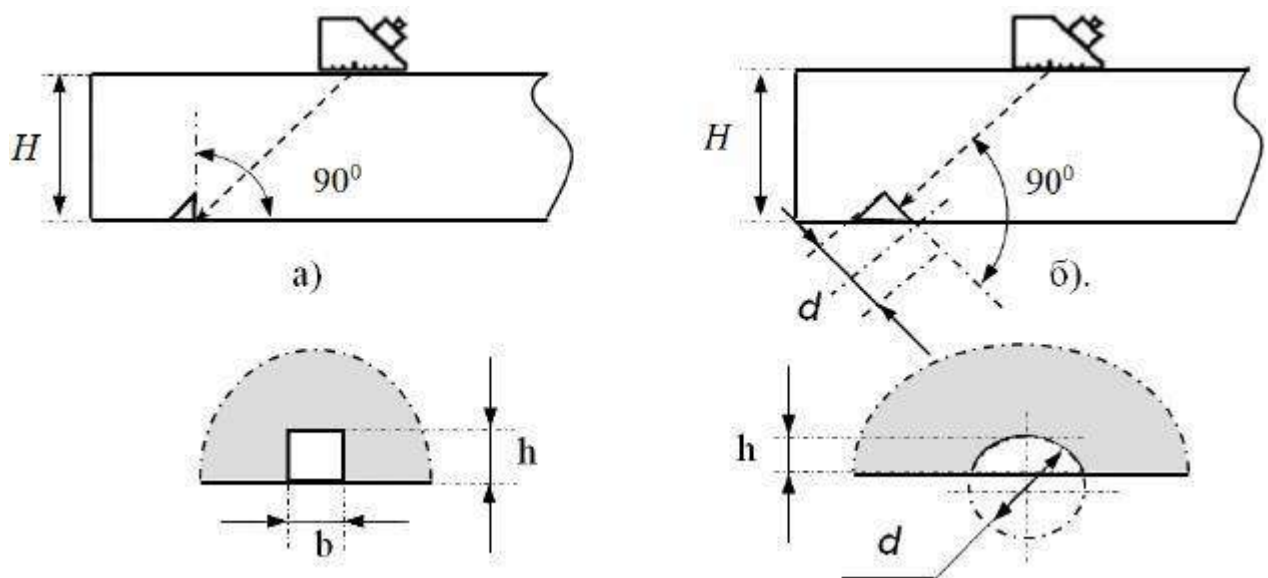


Рисунок 4.4 Отражатели в виде зарубки (а) и сегмента (б)

5) Для обеспечения регламентированного уровня чувствительности по всему сечению контролируемого участка ОК её настройку следует проводить с поправкой на затухание ультразвуковых колебаний в материале изделия. Этого можно добиться следующими способами:

- настраивать чувствительность дискретно на образце с искусственными отражателями, расположенными на различном расстоянии (глубине) от ПЭП - рисунок 4.5;

- использовать расчетные диаграммы "амплитуда-расстояние-дефект" (АРД-диаграммы), шкалы или таблицы и настраиваться на указанный "опорный уровень" на стандартных образцах (СО или V) - рисунок 4.6.;

- настраивать чувствительность в режиме временной регулировки чувствительности (режим ВРЧ) - рисунок 4.7.

Рисунок 4.5 - Настройка по "эталонным" отражателям

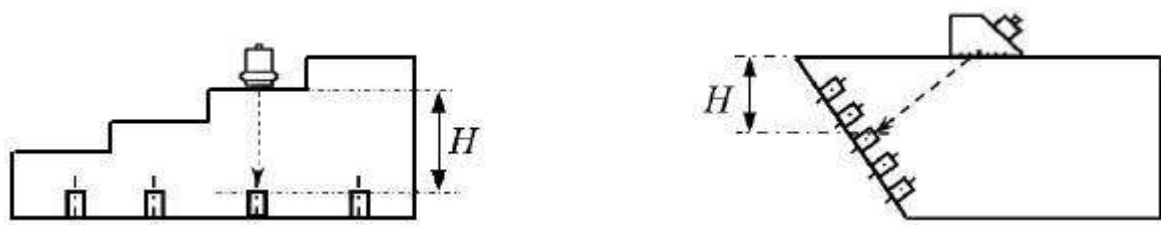


Рисунок 4.5 - Настройка по "эталонным" отражателям

Рисунок 4.6 - Настройка на опорный уровень диаграмм или по шкалам

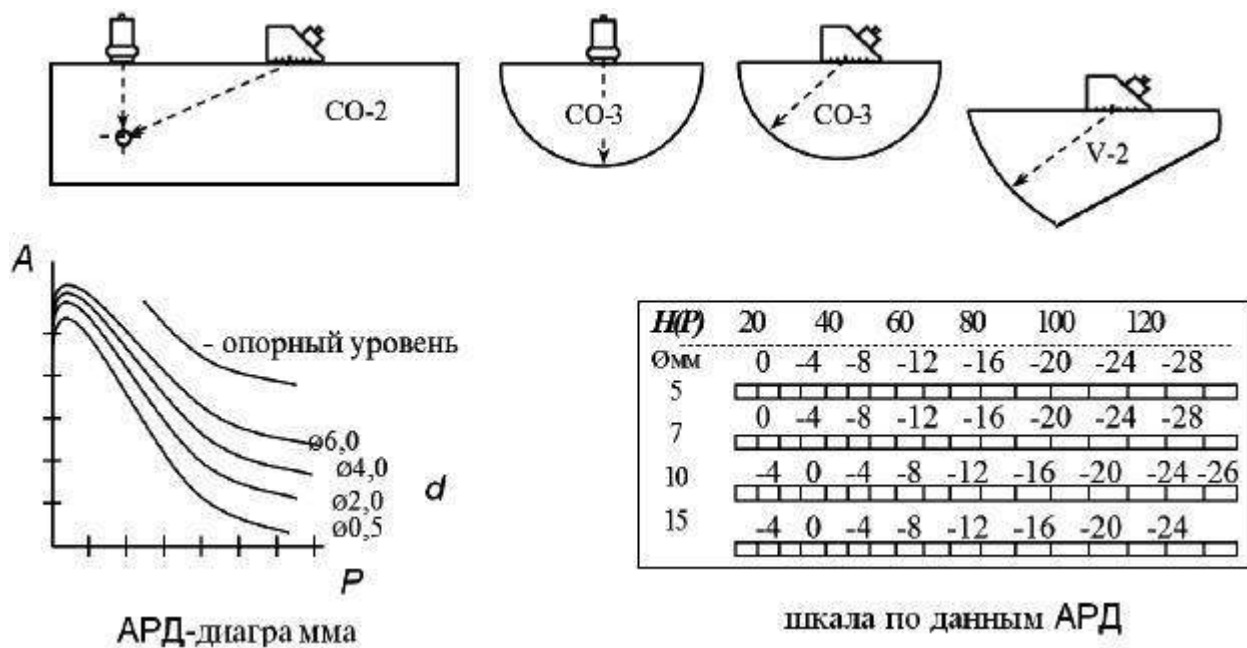


Рисунок 4.6. - Настройка на опорный уровень диаграмм или по шкалам

Рисунок 4.7 - Настройка чувствительности с использованием ВРЧ

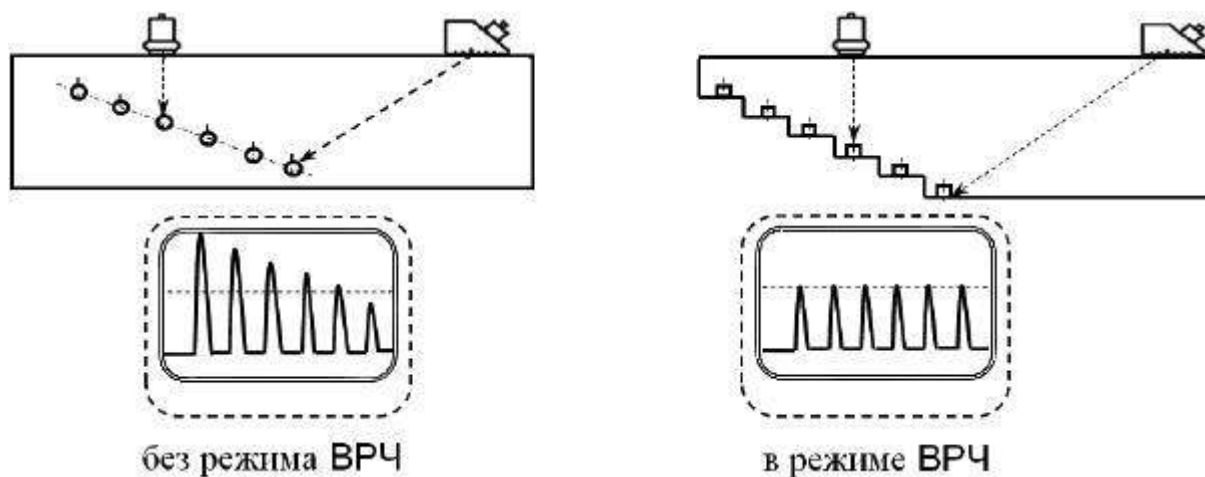


Рисунок 4.7. - Настройка чувствительности с использованием ВРЧ

4.2.2.7 Измерение условных характеристик несплошностей (отражателей)

К измеряемым характеристикам несплошности (по [ГОСТ 14782](#)) относятся:

- координаты;
- эквивалентная площадь;
- условная высота;
- условная протяженность;

- количество несплошностей на единицу объема,

- форма несплошности.

а) Определение координат отражателя. По координатам отражателя удается определить его месторасположение и отличать его сигналы от сигналов от грубых неровностей, проточек, конструктивных элементов и т.п. Информация о месторасположении несплошности необходима также для оценки её допустимости и составления отчетной документации.

Координаты отражателей определяются с помощью глубиномерных устройств дефектоскопа, согласно заводским инструкциям.

Координаты отражателя, выявленного прямым или р/с ПЭП, определяются:

- координатой X (место залегания) - местом расположения ПЭП на поверхности ОК;

- координатой H - глубиной залегания.

- координаты отражателя, выявленного наклонным ПЭП, определяются:

- координатой X (место залегания) - расстоянием по поверхности сканирования от ПЭП;

- координатой H - глубиной залегания.

Схема определения координат отражателя показана на рисунке 4.8.

Рисунок 4.8 - Определение координат прямым и наклонным ПЭП

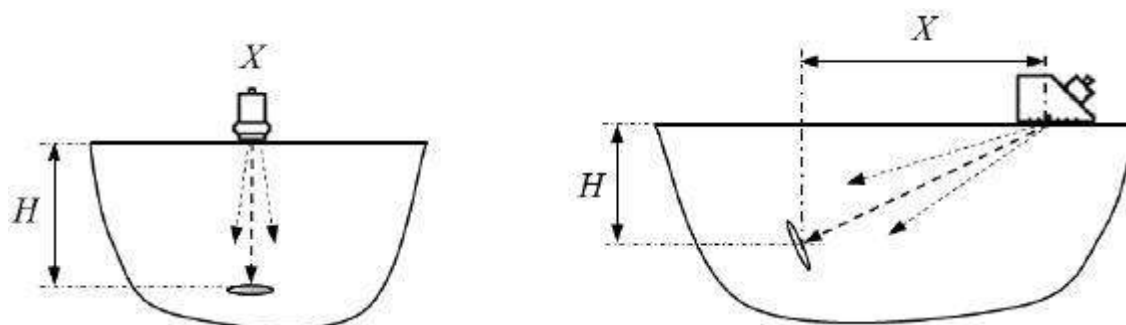


Рисунок 4.8. - Определение координат прямым и наклонным ПЭП

б) Измерение амплитуды эхо-сигнала. Амплитуду сигналов измеряют в положительных и отрицательных децибелах, дБ (логарифмических единицах отношения величин).

В зависимости от конструкции дефектоскопа амплитуда может измеряться в автоматическом или ручном варианте.

Основным способом измерения амплитуды является отсчет показаний аттенюатора - основного регулятора чувствительности дефектоскопа - при совмещении на экране вершины сигнала с условным уровнем, установленным при настройке.

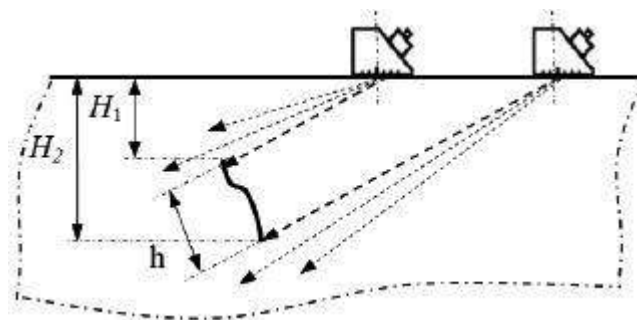
В автоматическом варианте величину амплитуды сигнала считывают с цифрового дисплея дефектоскопа при фиксированных положениях аттенюатора. Некоторые дефектоскопы дополнительно показывают разницу между амплитудой сигнала и настроенным условным уровнем (например, опорным).

в) Измерение условной высоты несплошности. Измерения условной высоты несплошности (обозначается ΔH) заключаются в фиксировании её границ по глубине-высоте объекта контроля (рисунок 4.9).

На "контрольном уровне" чувствительности замеряются координаты H_1 и H_2 при двух крайних положениях ПЭП. Величина условной высоты (ΔH) рассчитывается из разницы глубин - рисунок 4.9. Ту же величину можно определить по горизонтальной шкале экрана дефектоскопа в мм или мкс.

Примечание - Плоская горизонтальная несплошность, параллельная контактной поверхности условной высоты не имеет, поэтому данная характеристика реализуется только для вертикальных несплошностей и при контроле наклонным ПЭП.

Рисунок 4.9 - Измерение условной высоты несплошности



- реальная высота (размер) отражателя
 контрольный уровень

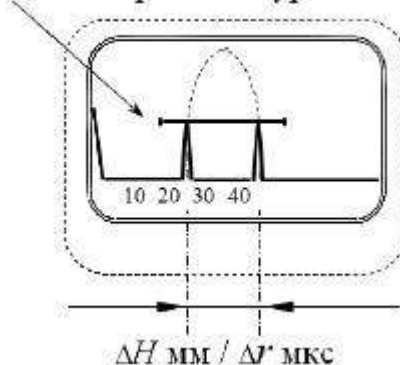
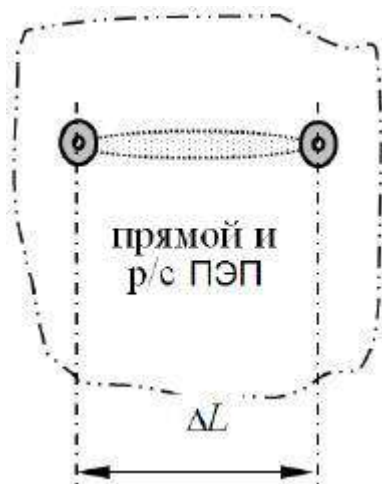


Рисунок 4.9 - Измерение условной высоты несплошности

г) Измерение условной протяженности несплошности. Измерения условной протяженности (длины) несплошности заключаются в фиксировании её границ на поверхности объекта контроля (рисунок 4.10).

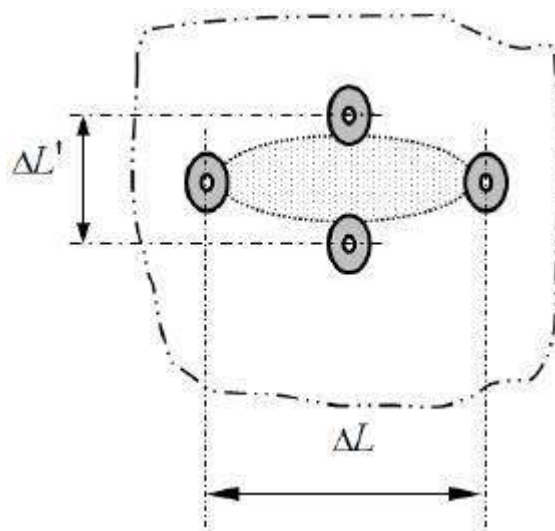
рисунок 4.10 - Измерение условной протяженности несплошности



объемная вертикальная несплошность



плоская вертикальная несплошность



объемная горизонтальная несплошность

Рисунок 4.10 - Измерение условной протяженности несплошности

На сканируемой поверхности ОК измеряют расстояние между крайними положениями ПЭП (в мм), при которых сигнал от несплошности соизмерим с "контрольным уровнем".

Условную протяженность измеряют как прямыми и р/с, так и наклонными ПЭП. Первыми измеряют условную протяженность горизонтальных (параллельных плоскости сканирования) несплошностей, а наклонными - вертикальных.

Примечание - Горизонтально ориентированные к поверхности сканирования несплошности имеют как бы две условных протяженности, меньшая из которых считается шириной.

Помимо протяженных, различаются еще и одиночные или компактные несплошности. Компактной несплошностью считается несплошность с условной протяженностью не более чем от контрольного (эталонного) отражателя. В отдельных случаях размер компактной несплошности задается НД (методиками, правилами контроля).

Если две компактные несплошности расположены на расстоянии менее условной протяженности от контрольного отражателя, они определяются как одна протяженная несплошность.

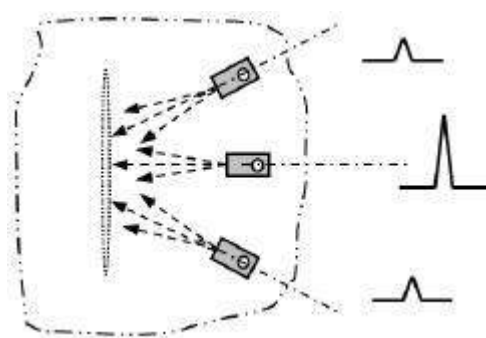
д) Подсчет количества несплошностей. Количество несплошностей определяется прямым подсчетом. Подсчет проводится на определенной единице длины участка контроля (единица длины определяется "Нормами", например 100 мм). Компактные и протяженные несплошности могут суммироваться по отдельности или все вместе.

Если две несплошности (компактные или протяженные) расположены на расстоянии менее условной протяженности компактного отражателя, они фиксируются как одна протяженная несплошность.

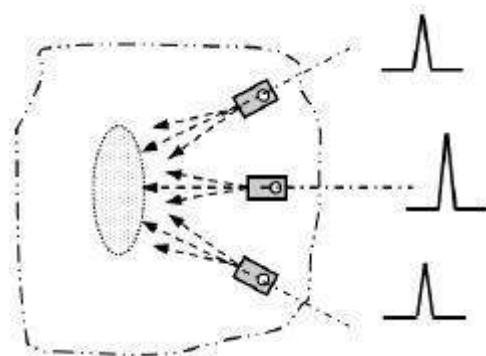
е) Определение формы отражателя. При ультразвуковом контроле характер несплошности не определяется, но в отдельных случаях удается распознать форму вертикальной несплошности: объемную (раковины, поры, включения) или плоскостную (трещины, несплавления, непровары).

1) Если при сканировании несплошности наклонным ПЭП (рисунок 4.11), при незначительном его повороте амплитуда отраженного эхо-сигнала резко падает, то это плоскостной отражатель с зеркальной индикатрисой рассеивания. И наоборот, если амплитуда изменяется незначительно, то это объемный отражатель с круговой индикатрисой рассеивания.

Рисунок 4.11 - Определение формы отражателя



Плоскостной отражатель



Объемный отражатель

Рисунок 4.11 - Определение формы отражателя

2) Для толщин более 30 мм определить форму вертикальной несплошности возможно с помощью двух наклонных ПЭП (включенных по совмещенной схеме), работающих по схеме "тандем" (рисунок

4.12). Сопоставляя амплитуды отраженных сигналов, определяют коэффициент формы: $\frac{A_1}{A_2} = K_\phi$, где A_1 и A_2 амплитуда первого (прямой луч) и второго (отраженный луч) ПЭП.

Рисунок 4.12 - Определение коэффициента формы отражателя

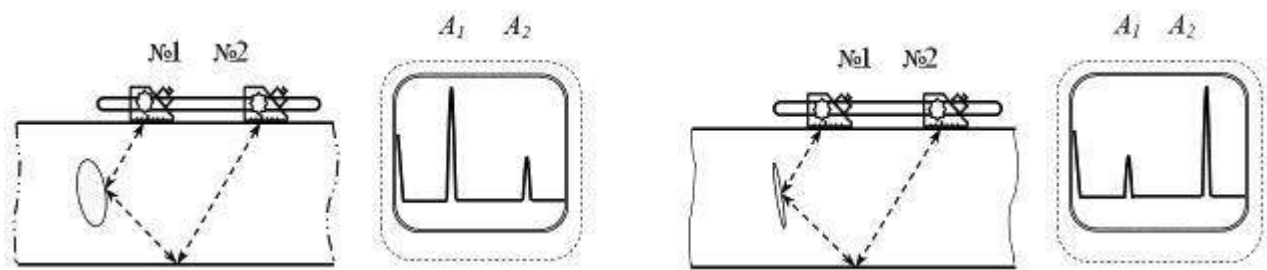


Рисунок 4.12 - Определение коэффициента формы отражателя

Объемный отражатель (с условно круговой индикатрисой рассеивания) выявляется практически одинаково каждым из двух ПЭП, однако амплитуда сигнала у ПЭП N 2 заметно ниже из-за большего пути прохождения ультразвуковой волны, $K > 1$.

Плоскостной отражатель (с практически зеркальным отражением) является неблагоприятным для обоих ПЭП. Однако, несмотря на разницу в расстояниях, за счет зеркального отражения амплитуда сигнала у ПЭП N 2 выше, чем у N 1, $K < 1$.

4.2.2.8 Порядок проведения контроля

а) Ультразвуковой контроль тепломеханического оборудования ТЭС проводится по технологическим "картам" контроля (ТКК).

Карты контроля должны соответствовать требованиям НД (Правил, методик), распространяющейся на данный объект контроля.

ТКК разрабатываются специалистами не ниже 2-го уровня квалификации и утверждаются руководителем службы контроля (лаборатории). Допускается использовать ТКК (технологические процессы), разработанные специалистами ведущих специализированных организаций или лабораторий.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую информацию:

- описание ОК (техническая характеристика, конструкция, типоразмер, степень контроледоступности);
- тип применяемой аппаратуры и оборудования;
- параметры контроля;
- используемые образцы и способы настройки аппаратуры;
- схемы сканирования;
- рекомендации и особенности контроля;

- оценку результатов контроля (измерение характеристик несплошностей, нормы оценки качества).

ТКК могут составляться как на одну конкретную конструкцию, так и на группу однотипных изделий.

в) Перед началом контроля дефектоскопист должен "принять" изделие, то есть убедиться в качественной его подготовке и в отсутствии дефектов на поверхности. Контроль до устранения дефектов не допускается.

г) Участок трубопровода (труба, гиб, камера) должен быть доступен для контроля по всему периметру.

д) Сварное соединение должно иметь доступ по всему периметру (длине) с обеих сторон шва на участках примыкающих элементов (угловые сварные соединения контролируются со стороны штуцера).

Для сварных соединений принята классификация степени контроледоступности:

- всё сечение сварного шва прозвучивается как минимум с двух направлений - 1ДК;

- всё сечение сварного шва прозвучивается хотя бы с одного направления (контроль с одной стороны) - 2ДК;

- в подповерхностной части сечения имеются полностью непрозвучиваемые участки, но не более 20% сечения - 3ДК;

- в сечении сварного шва имеются более 20% непрозвучиваемых участков - неконтроледоступен.

Примечание - Повысить степень контроледоступности можно путем снятия валика усиления сварного шва или применением дополнительных специальных технологий контроля.

е) Часто в практике (особенно при эксплуатационном контроле) возникает необходимость в подтверждении соответствия толщины стенки конструкции изделия сведениям чертежа. Эта операция производится с помощью толщинометрии.

ж) Для фиксации результатов контроля изделие должно быть размечено способом, рекомендованным ТКК или любым другим (трубные элементы обычно размечаются по аналогии с часовым циферблатом). Обязательным является маркировка нулевой, т.е. начальной точки контроля.

и) Порядок проведения ультразвукового контроля толщины стенки и толщинометрии состоит из следующих основных последовательных операций:

1) получение заявки на проведение работ,

2) ознакомление с технической документацией на ОК,

- 3) определение параметров контроля (из ТКК, технологий, методик, инструкций),
- 4) настройка аппаратуры в соответствии с НД (ТКК),
- 5) прием ОК после подготовительных работ и визуального осмотра,
- 6) разметка (маркировка) ОК,
- 7) проведение рабочего контроля (измерений),
- 8) анализ результатов контроля (характеристик выявленных несплошностей),
- 9) оценка результатов контроля (измерений) и ОК в целом,
- 10) составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

4.2.2.9 Требования к методикам контроля основного металла

Помимо описанных ниже методик контроля, в практике дополнительно могут быть использованы другие методики и технологии, разработанные специализированными организациями и утвержденные в установленном порядке.

а) Методика контроля гнутых участков (колен, гибов) трубопроводов.

Основными дефектами металла гнутых участков трубопроводов (колен, гибов) являются грубые риски и трещины, полученные при изготовлении (гибке), а также язвы и трещины, возникшие при эксплуатации.

- 1) Схема контроля: контроль проводится наклонными ПЭП перпендикулярно образующей трубы. Основными участками контроля являются внутренняя и наружная поверхность - рисунок 4.13.

Рисунок 4.13 - Схема контроля гибов

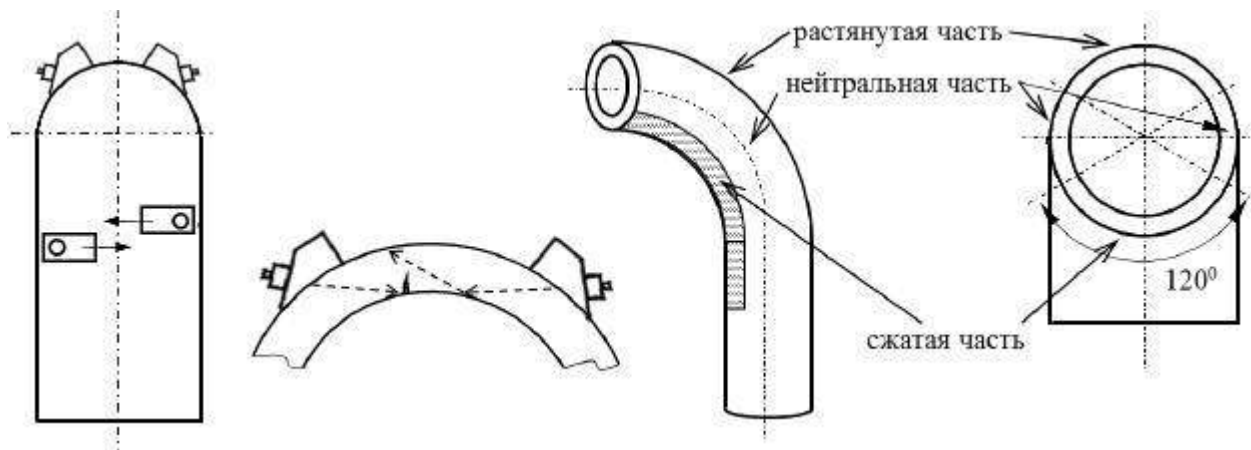
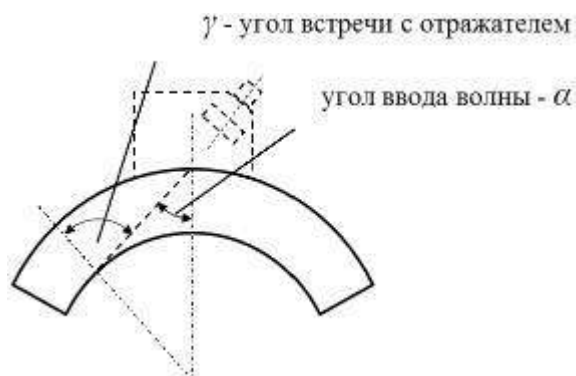


Рисунок 4.13 - Схема контроля гибов

При эксплуатационном контроле гибов сжатую зону допускается не контролировать. При контроле колен паропроводов, изготовленных в штампах, внутренний обвод (сжатую зону) рекомендуется подвергать контролю.

2) Преобразователи: при контроле труб диаметром 273 мм и менее контактная поверхность ПЭП должна повторять кривизну (радиус) поверхности трубы, при этом обеспечивать необходимый угол с вертикальным отражателем на внутренней поверхности - рисунок 4.14.

Рисунок 4.14 - Подготовка рабочей поверхности ПЭП



δ , мм	α , град.
<0,17	450
>0,17	900

δ - толщина стенкигиба

R - диаметр трубыгиба

Рисунок 4.14 - Подготовка рабочей поверхности ПЭП

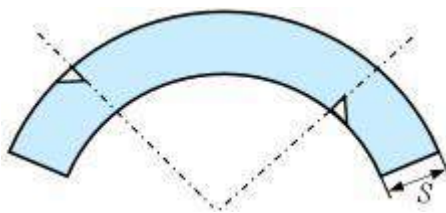
По мере износа ПЭП соответствие правильности угла ввода контролируется шаблонами.

Рабочая частота ПЭП определяется толщиной контролируемой трубы:

δ , мм	рабочая частота ПЭП, МГц
от 3,5 до 15	5,0
Свыше 15	2,5

3) Образцы: СОП - фрагмент натурной трубы с контрольными отражателями в виде зарубок показан схематично на рисунке 4.15.

Рисунок 4.15 - Образец (СОП)



трубы, мм	зарубка (b × h), мм
до 15	2,0 1,0
свыше 15 до 18	2,5 1,5
свыше 18 до 22	2,5 2,0
свыше 22	3,5 2,0

Рисунок 4.15 - Образец (СОП)

4) Настройка: скорость развертки и чувствительность настраиваются по зарубкам в образце. Применяются три уровня чувствительности (браковочный, контрольный, поисковый).

5) Оценка: двухбалльная (балл 1 - брак и балл 2 - удовлетворительно). Основным критерий - оценка по амплитуде эхо-сигнала. Несплошности в нейтральных частяхгиба оцениваются по контрольному уровню чувствительности.

Оценка обнаруженных отражателей на наружной поверхностигиба производится по результатам поверхностных методов контроля (визуально-измерительного, капиллярного, магнитопорошкового).

б) Методика контроля корпусов пароохладителей.

При нарушении в работе пароохладителей (разрушение впрыскивающих устройств и защитных рубашек) "холодный" конденсат попадает на внутреннюю поверхность камеры и провоцирует образование трещин.

1) Участками контроля являются: кромка отверстия корпуса для штуцера подвода конденсата и внутренняя поверхность самого корпуса.

2) Схема контроля (рисунок 4.16): контроль проводится наклонными ПЭП прямым лучом:

- кромка отверстия контролируется ПЭП (I и II) с хордовым вводом ультразвуковой волны;

- поверхность корпуса камеры контролируется наклонными ПЭП (III и IV) с двух направлений: вдоль и поперек камеры.

Рисунок 4.16 - Схема контроля

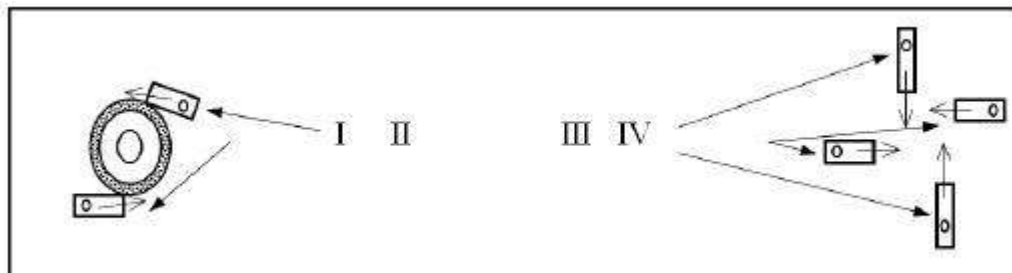


Рисунок 4.16 - Схема контроля

3) Преобразователи

Таблица 4.2 - Основные параметры контроля

Участок контроля	Позиция	Угол ввода	Рабочая частота
кромка отверстия	I - по часовой стрелке	40° 50°	2,0 2,5 МГц
	II - против часовой стрелки	40° 50°	
корпус	III - поперек корпуса (трубы)	см. п.п.4.2.2.9 а) 3)	
	IV - вдоль корпуса (трубы)	50°	

Для контроля кромки отверстий применяются специализированные ПЭП с хордовым вводом ультразвуковой волны. Контактная поверхность преобразователей скошена (влево - I и вправо - II) под углом от 12 до 16°, без изменения угла ввода.

4) Образцы: фрагмент натурального пароохладителя либо СОП в виде стального бруска толщиной, равной толщине камеры. Отражатели в виде запилы (угловой и продольный) - (рисунок 4.17):

Рисунок 4.17 - Образец

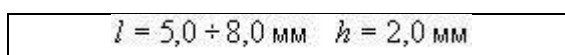


Рисунок 4.17 - Образец

5) Настройка: скорость развертки и чувствительность настраиваются по запилам: угловому - для отверстия позиции I и II; по продольному - для камеры - позиции III и IV (рисунок 4.16).

б) Оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - наличие отражателя с признаками трещины.

в) Методика контроля крепежа (шпилек, болтов).

В процессе эксплуатации и ремонтов в теле шпильки (болтов) могут появляться трещины, которые располагаются обычно в районе галтелей и ближних ниток резьбы.

1) Контроль проводится всего тела шпильки: прямым ПЭП - с торцевых поверхностей, наклонным ПЭП - с гладкой части прямым лучом.

2) Схема контроля демонстрируется рисунком 4.18.

Рисунок 4.18 - Схема контроля

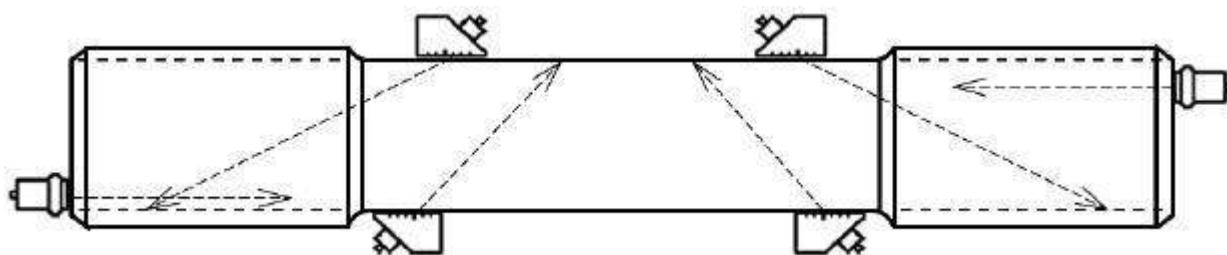


Рисунок 4.18 - Схема контроля

3) Преобразователи: тип преобразователей и параметры контроля приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Поверхность контроля	ПЭП	угол ввода	рабочая частота
торцевая поверхность	прямой	-	2,5 МГц; 5,0 МГц
гладкая поверхность	наклонный	50° 65°	2,5 МГц

4) Образцы: СОП - натурная шпилька (болт) соответствующей конструкции и типоразмера с отражателями в виде запилов (рисунок 4.19).

Рисунок 4.19 - Схема образца

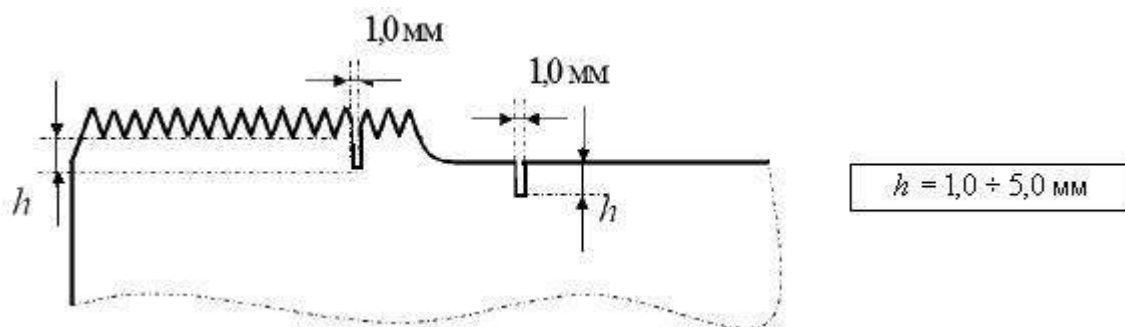


Рисунок 4.19 - Схема образца

- 5) Настройка: скорость развертки и чувствительность настраиваются по запилам прямым лучом.
 - 6) Особенность контроля: сложность в разделении сигналов от трещины и сигналов от резьбы.
 - 7) Оценка: двухбалльная - годен/негоден. Брак - наличие отражателя с признаками трещины.
- г) Методика контроля элементов роторов турбин.
- 1) Контроль металла цельнокованых роторов турбин.

Контроль проводится изнутри со стороны осевого канала при помощи специальных устройств - дефектоскопов, в контактном либо в иммерсионном варианте. Устройства состоят из механизма - манипулятора с блоком ПЭП и электронной части, в которую входит дефектоскоп и блоки слежения и управления манипулятором. При контроле выявляются продольные и поперечные несплошности.

В связи с уникальностью используемых устройств и сложностью работы с ними контроль со стороны осевого канала разрешается проводить только специально аккредитованным лабораториям.

- 2) Контроль обода диска в районе Т-образного паза под хвостовики рабочих лопаток.

Контроль проводится на выявление трещин в районе верхних концентраторов Т-образного паза без разлопачивания дисков.

- схема контроля: контроль проводится с одного направления по всему ободу диска (рисунок 4.20).

Рисунок 4.20 - Схема контроля

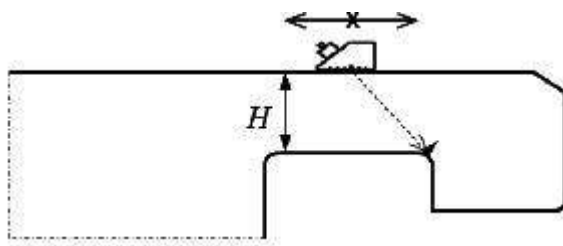


Рисунок 4.20 - Схема контроля

- преобразователь: наклонный ПЭП с углом ввода 40° - 45° на рабочую частоту 2,5 МГц.
- образец: СОП в виде стального бруска с вертикальным сверлением - рисунок 4.21.

Рисунок 4.21 - Образец СОП

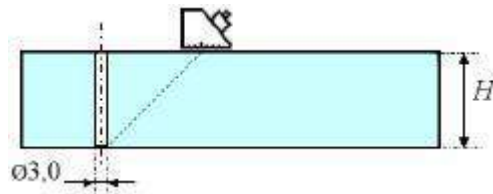


Рисунок 4.21 - Образец СОП

- настройка: скорость развертки и чувствительность настраиваются по сверлению. Допускается настройка чувствительности (опорный уровень) по сверлению (44 мм) в СО-2 и безобразцовая настройка развертки.

При использовании СО-2 браковочный уровень определяется с помощью таблицы 4.4.

Таблица 4.4

, мм	16-23,9	24-31,9	32-25,9	26-40
браковочный уровень ниже опорного на, ДБ:	6	4	2	0

- оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - наличие отражателя с признаками трещины.

3) Контроль обода диска в районе заклёпочных отверстий посадочных мест рабочих лопаток.

Контроль проводится на выявление трещин в районе кромок клепочных отверстий.

- схема контроля: прямым и отраженным лучом - рисунок 4.22.

Рисунок 4.22 Схема контроля

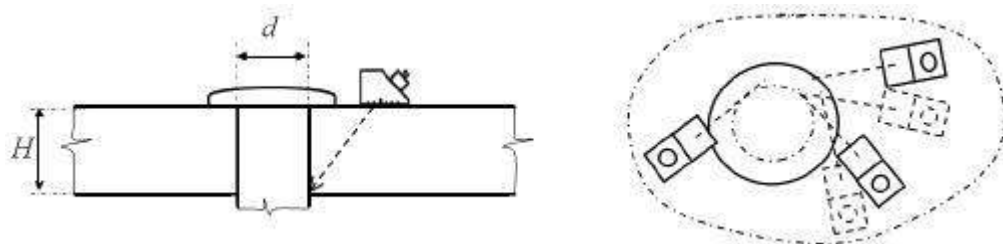


Рисунок 4.22 Схема контроля

- преобразователи: наклонный ПЭП с углом ввода от 40 до 70° (выбирается в зависимости от диаметра головки заклёпки и толщины обода диска) на рабочую частоту 2,5 МГц.

- образец: СОП - в виде отдельного бруска со сверлением под заклёпку и угловым запилем - рисунок 4.23

Рисунок 4.23 - Схема СОП

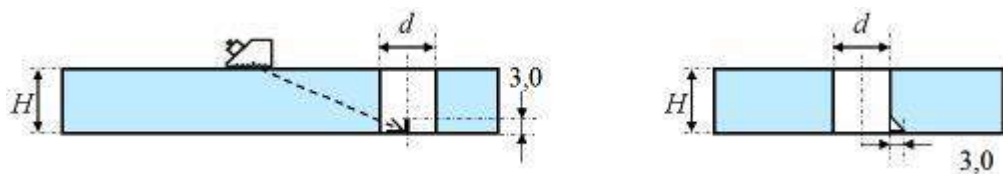


Рисунок 4.23 - Схема СОП

- настройка: скорость развертки настраивается по углам СОП, а чувствительность - по угловому запилу (3-3 мм) в отверстии.

- оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - наличие отражателя с признаками трещины.

4) Контроль металла диска в районе шпоночного паза.

Контроль проводится на выявление трещин в районе верхних кромок шпоночного паза:

- схема контроля показана на рисунке 4.24;

Рисунок 4.24 - Схема контроля

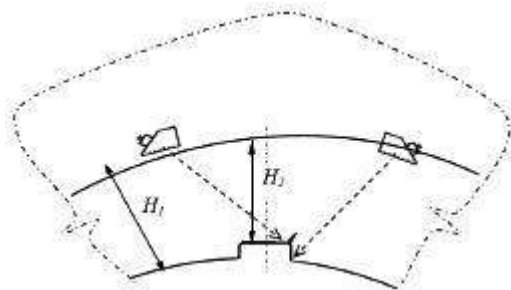


Рисунок 4.24 - Схема контроля

- преобразователи: наклонный ПЭП с углом ввода от 40 до 45° на рабочую частоту 2,5 МГц, ограниченные размеры контактной поверхности диска определяют конструктивные размеры ПЭП;

- образец: СО-2 для настройки чувствительности;

- настройка: скорость развертки настраивается безобразцовым способом по фактическим размерам (H1 и H2), а чувствительность - по СО-2 (опорный уровень) и АРД диаграмме;

- оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - превышение амплитуды эхо-сигнала браковочного уровня (эквивалент равен 10 мм).

5) Контроль вилкообразных хвостовиков рабочих лопаток.

Контроль проводится без разлопачивания на выявление трещин в районе отверстий под заклёпки:

- схема контроля с одного неизменного положения (места установки ПЭП) представлена на рисунке 4.25;

Рисунок 4.25 - Схема контроля

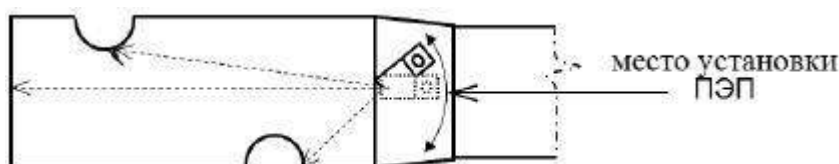


Рисунок 4.25 - Схема контроля

- преобразователи: наклонный ПЭП для возбуждения поверхностных волн на рабочую частоту 5,0 МГц (ограниченные размеры контактной поверхности лопатки определяют конструктивные размеры ПЭП);

- образец: фрагмент натурной лопатки с заплатами глубиной 3,0 мм и шириной 1,0 мм - рисунок 4.26;

Рисунок 4.26 - Образец



Рисунок 4.26 - Образец

- настройка: скорость развертки настраивается по дальней кромке хвостовика и заплатам. Чувствительность (опорный уровень) - по обоим (ближнему и дальнему) заплатам;

- контроль проводится путем поворота ПЭП из исходного положения, установленного при настройке по торцу хвостовика;

- сложность контроля: различимость сигнала от отверстия от сигнала от трещины;

- оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - превышение амплитуды эхо-сигнала браковочного уровня. Браковочный уровень на 6 ДБ ниже опорного уровня для каждого заплата.

6) Контроль металла выходных кромок рабочих лопаток.

Контроль проводится на выявление трещин в эрозионно-изношенной выходной кромке лопатки:

- схема контроля представлена на рисунке 4.27;

Рисунок 4.27 - Схема контроля

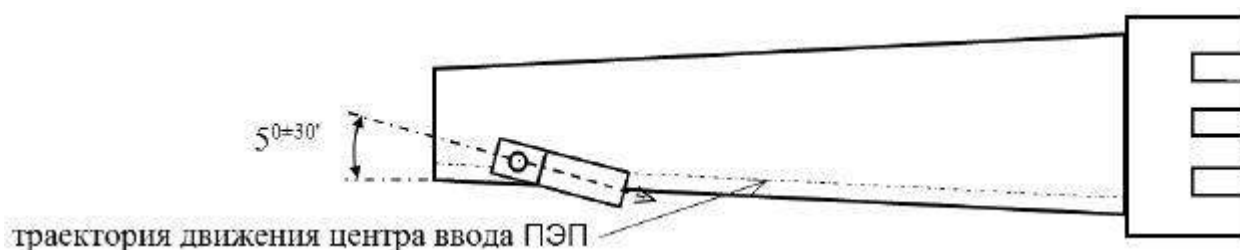


Рисунок 4.27 - Схема контроля

- преобразователи: наклонный ПЭП для возбуждения поверхностных волн на рабочую частоту 5,0 МГц (контактная поверхность имеет клиновидный направляющий выступ, позволяющий выдерживать необходимый угол ориентации преобразователя $\sim 5^\circ$);

- образец: СОП (стальная пластина 150 50 3 5 мм) - рисунок 4.28;

Рисунок 4.28 - СОП

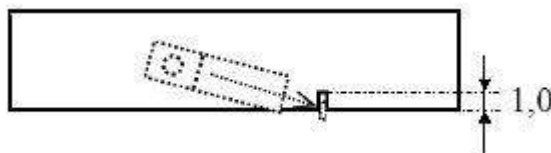


Рисунок 4.28 - СОП

- настройка: развертка и чувствительность настраиваются по пропилу шириной и длиной 1 мм в СОП;

- оценка: двухбалльная - годен/негоден, брак - превышение амплитуды эхо-сигнала браковочного уровня.

4.2.2.10 Требования к методикам контроля сварных соединений

а) Методика контроля стыковых сварных соединений.

Контролю подвергается наплавленный металл сварного шва и околошовная зона (от 5 до 20 мм). Контроль проводится наклонными ПЭП с околошовных поверхностей свариваемых элементов (со стороны литых деталей контроль не проводится).

1) Схемы контроля

При толщине стенки элементов менее 60 мм - прямым и отраженным лучом с обеих сторон шва.

При толщине стенки элементов 60 мм и более - прямым лучом с обеих сторон шва. В этом случае обязательно удалять усиление сварного шва и проводить дополнительный контроль р/с ПЭП. Цилиндрические элементы (трубы, сосуды) с внутренним диаметром менее 800 мм контролируются только с наружной поверхности - Рисунок 4.29. Плоские и цилиндрические элементы с внутренним диаметром более 800 мм контролируются с наружной и, по мере доступности, с внутренней поверхности.

Рисунок 4.29 - Схемы контроля

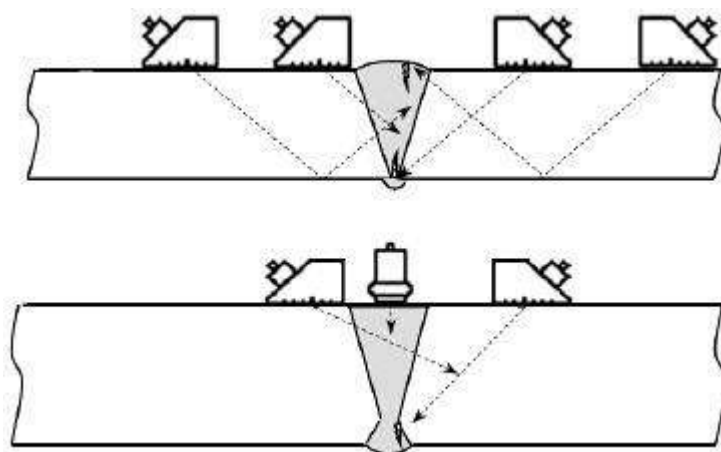


Рисунок 4.29 - Схемы контроля

2) Преобразователи:

Требования по параметрам преобразователей приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Номинальная толщина свариваемых элементов, мм	Рабочая частота, МГц	Угол ввода ультразвуковой волны, град.	
		прямым лучом	отраженным лучом
от 2 до 8 вкл.	10,0-4,0	75-70	75-70
свыше 8 до 12 вкл.	5,0-2,5	70-65	70-65
свыше 12 до 20 вкл.	5,0-2,5	70-65	70-60
свыше 20 до 40 вкл.	4,0-1,8	65-60	65-45
свыше 40 до 60 вкл.	2,5-1,25	65-50	50-40
свыше 60	2,0-1,25	60-45	не проводится

При контроле трубных элементов диаметром менее 150 мм преобразователь должен быть притерт - иметь радиусную контактную поверхность, соответствующую диаметру трубы. Необходимость

притирки уточняется типом ПЭП (размером его контактной поверхности).

3) Образцы (примеры образцов):

- СОП для настройки скорости развертки (а) и чувствительности (б) при контроле толщин менее 12 мм (20 мм) - рисунок 4.30;

Рисунок 4.30 - Образец (СОП)

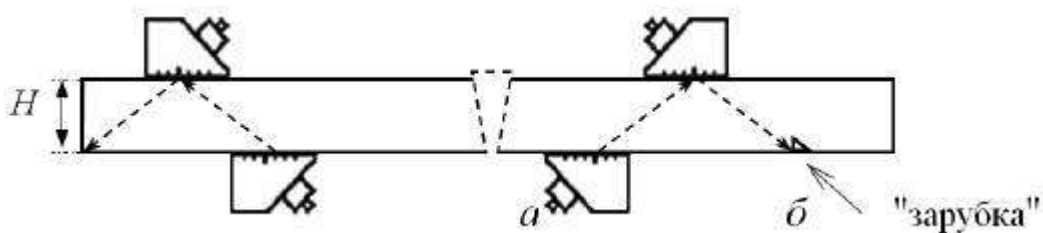


Рисунок 4.30 - Образец (СОП)

- СО для настройки опорного уровня чувствительности при контроле толщин более 12 мм (20 мм) - рисунок 4.31.

Рисунок 4.31 - Образец (СО)

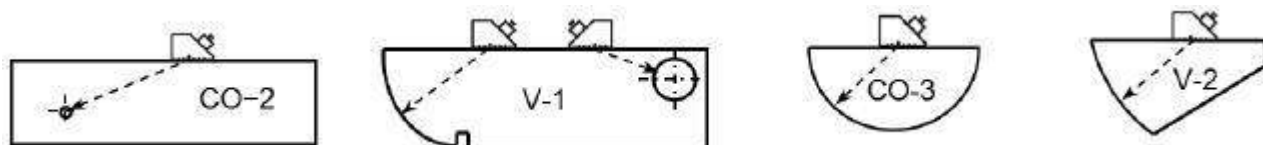


Рисунок 4.31 - Образец (СО)

4) Настройка

Настройка скорости развертки может производиться безобразцовым способом с помощью глубиномера дефектоскопа либо по образцам (СО и СОП).

Настройка чувствительности производится следующими способами:

- при контроле толщин менее 12 мм (20 мм) по угловым отражателям (зарубкам) в СОП - Рисунок 4.30. б;

- при контроле толщин более 12 мм (20 мм) по АРД-диаграммам или другим аналогичным диаграммами и шкалам, по отражателям в СО и СОП - Рисунок 4.31;

- при контроле толщин более 12 мм (20 мм) в режиме ВРЧ и по отражателям в СО или СОП.

5) Оценка - по двухбалльной системе:

балл 1 - неудовлетворительное качество (брак), в сварных соединениях обнаружены несплошности с характеристиками, превышающими максимально допустимые - Таблица 4.6;

балл 2а и 2б - удовлетворительное качество, в сварных соединениях не обнаружены несплошности с характеристиками, превышающими максимально допустимые (2а - ограничено годные, 2б - годные - отсутствуют несплошности с амплитудой сигнала больше контрольного уровня чувствительности).

Таблица 4.6 - Таблица характеристик максимально допустимых несплошностей

Номинальная толщина сварного соединения	Эквивалентная площадь одиночных несплошностей, мм		Количество одиночных несплошностей на любые 100 мм длины св. соединения	Протяженность несплошностей	
	минимально фиксируемая	максимально допустимая		суммарная в корне шва	одиночных в сечении шва
св. 2 до 3	0,3	0,6	6	20% внутреннего периметра сварного соединения	равная условной протяженности компактной несплошности
св. 2 до 4	0,4	0,9	6		
св. 4 до 5	0,6	1,2	7		
св. 5 до 6	0,6	1,2	7		
св. 6 до 9	0,9	1,8	7		
св. 9 до 10	1,2	2,5	7		
св. 10 до 12	1,2	2,5	8		
св. 12 до 18	1,8	3,5	8		
св. 18 до 26	2,5	5,0	8		
св. 26 до 40	3,5	7,0	9		
св. 40 до 60	5,0	10,0	10		
св. 60 до 80	7,0	15,0	11		
св. 80 до 120	10,0	20,0	11		

6) Кольцевые стыковые соединения секторных отводов контролируются по той же технологии, что и стыковые соединения труб. Выбор углов ввода наклонных ПЭП (таблица 4.5) следует корректировать

по величине углов соединения секторов.

7) Продольные и спиральные стыковые сварные соединения трубопроводов большого диаметра контролируются по той же технологии, что и поперечные сварные соединения.

б) Методика контроля стыковых сварных соединений труб теплообмена.

Особенность контроля вызвана малым диаметром контролируемых соединений труб (от 25 до 89 мм).

Возможен контроль сварных соединений (толщиной до 7 мм) из аустенитных марок сталей и композитных соединений.

1) Схема контроля: прямым и отраженным лучом за один проход - рисунок 4.32.

Рисунок 4.32 - Схема контроля



Рисунок 4.32 - Схема контроля

2) Преобразователи: наклонные малогабаритные, наклонные р/с, наклонные хордовые или другие специализированные - параметры преобразователей приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Номинальная толщина свариваемых элементов, мм	Рабочая частота, МГц	Характеристики ПЭП		Максим. допустимая $S_{эквив}$, мм
		угол ввода у.з. волны, град.	стрела, мм	
свыше 2 до 3 вкл.	4,0-6,0	75-73	<5	0,6
св. 2 до 4 вкл.	4,0-6,0	75-73	<5	0,9
св. 4 до 5 вкл.	4,0-6,0	75-73	<5	1,2
св. 5 до 6 вкл.	4,0-6,0	75-73	5-7	1,2
св. 6 до 8 вкл.	4,0-6,0	75-70	5-8	1,8
аустенитные стали св. 3 до 4 вкл.	4,0-6,0	75-73	<5	зарубка (b × h) 2,0 0,8 мм
аустенитные стали св. 4 до 6 вкл.	4,0-6,0	75-73	<5	зарубка (b × h)

3) Образец: фрагмент натурной трубы с отражателями в виде зарубок, - рисунок 4.33. Возможно использование СОП-4 и СОП-5 при настройке чувствительности по специальной методике.

Рисунок 4.33 - Образец

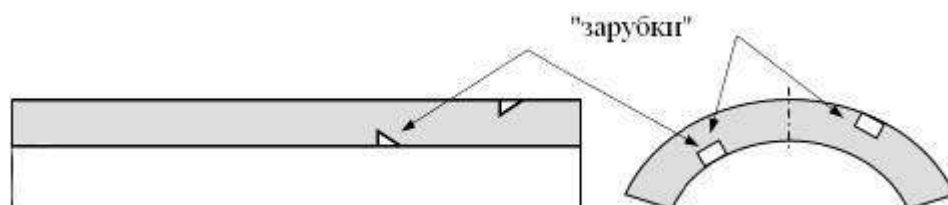


Рисунок 4.33 - Образец

4) Настройка: - аналогично, как и для стыковых сварных соединений трубопроводов соответствующих толщин.

5) Особенности контроля: выявление смещения кромок и разностенности - рисунок 4.34.

Рисунок 4.34 - Контроль смещения кромок и разностенности

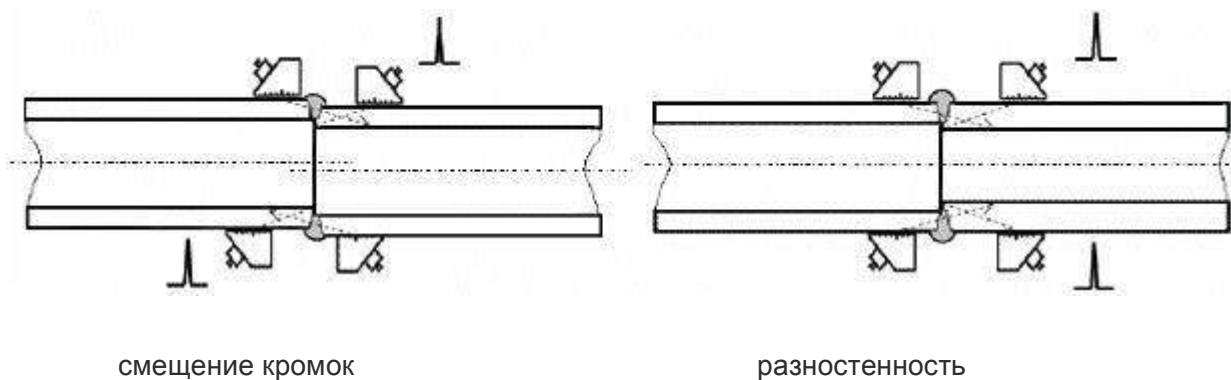


Рисунок 4.34 - Контроль смещения кромок и разностенности

6) Оценка: двухбалльная (балл 1 - брак и балл 2 - удовл.). Основной критерий - оценка по амплитуде эхо-сигнала.

в) Методика контроля угловых сварных соединений.

Контролируются сварные тройники и угловые сварные швы вварки штуцеров и труб в камеры, барабаны, сосуды и трубы, при внутреннем диаметре штуцера более 100 мм и толщиной стенки 4,5 мм и более.

Контроль возможен при полном проплавлении сварного шва (отсутствие конструктивного

непровара) или при удалении непровара проточкой.

При внутреннем диаметре короткого штуцера более 300 мм проводится дополнительный контроль с внутренней стороны штуцера прямым и наклонным ПЭП.

1) Схема контроля

Контроль проводится со стороны привариваемого элемента. При приварке штуцеров к листовым конструкциям или сосудам возможен контроль со стороны основного элемента. Схема контроля приведена на рисунке 4.35.

Рисунок 4.35 - Схема контроля

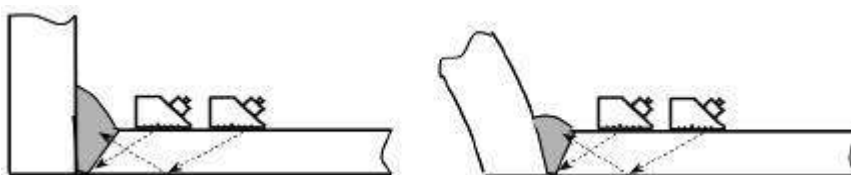


Рисунок 4.35 - Схема контроля

Контроль выполняется:

- при толщине стенки привариваемого элемента менее 60 мм - прямым и отраженным лучом со стороны привариваемого элемента;

- при толщине стенки привариваемого элемента 60 мм и более - прямым лучом со стороны привариваемого элемента.

2) Преобразователи: такие же, что и для стыковых сварных соединений трубопроводов для соответствующих толщин (таблица 4.5.).

3) Образцы: - те же, что и для стыковых сварных соединений трубопроводов соответствующих толщин.

4) Настройка: - аналогично, как и для стыковых сварных соединений для соответствующих толщин.

5) Оценка: - применяются те же нормы, что и для стыковых сварных соединений (см. таблицу 4.6). При контроле тройников с удаляемым подкладным кольцом рекомендуется ужесточить браковочный уровень на 3 дБ.

г) Методика контроля ремонтных наплавки.

Наплавки можно условно разделить на:

- наплавку (заварку) сварного шва при местном ремонте;

- наплавки на поверхности основного металла элемента для его восстановления после выборки

поверхностного дефекта, либо коррозионного или эрозионного повреждения.

1) Наплавки, выполненные при ремонтах сварного шва, по существу являются восстановленным фрагментом самого шва и контролируются по тем же методикам и при тех же параметрах.

2) Восстановительные наплавки на детали контролируются прямым лучом наклонными и р/с ПЭП по схеме, приведенной на рисунке 4.36.

Рисунок 4.36 - Схема контроля

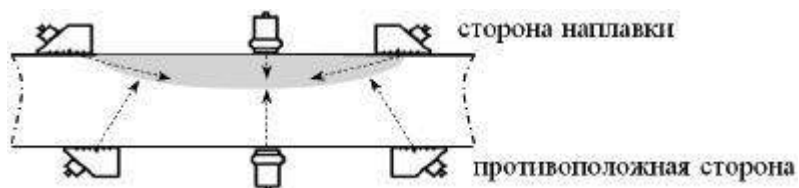


Рисунок 4.36 - Схема контроля

Основной контроль со стороны наплавки р/с ПЭП (2,5-5,0 МГц) и наклонными ПЭП (5,0 МГц, с углом ввода от 70 до 75°).

По мере доступности дополнительный контроль проводится с противоположной стороны наплавки р/с ПЭП (2,5 МГц) или прямыми ПЭП (2,5 МГц) в зависимости от толщины основного металла и наклонным ПЭП (2,5 МГц, с углом ввода от 40 до 50°).

Настройка дефектоскопа и оценка наплавленного металла проводятся аналогично, как и для стыковых сварных соединений и определяются толщиной наплавки.

Несплавления по кромке наплавки недопустимы - брак.

4.2.2.11 Требования к методикам контроля толщины (толщинометрия) элементов

Контроль (измерение) толщины можно условно разделить по смыслу намеченной задачи:

- определение (подтверждение) типоразмера элемента;
- выявление коррозионного и эрозионного износа;
- выявление внутренних несплошностей основного металла и сварных соединений (включений, расслоений, пор и т.п.).

а) При определении толщины стенки следует выполнять следующее: измерения должны производиться на участке, достаточном для проведения не менее трех замеров (участок 50 × 50 мм); сами участки должны равномерно распределяться по изделию, а их количество определяется конструкцией и размерами элемента - рисунок 4.37.

Рисунок 4.37 - Примеры контроля толщины стенки

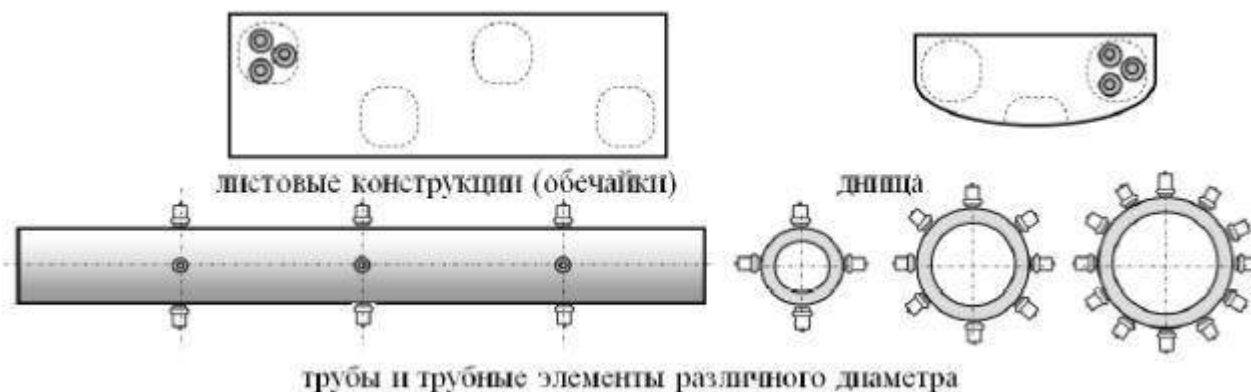


Рисунок 4.37 - Примеры контроля толщины стенки

б) Определение толщины стенки гнутых отводов (гибов) труб производится по следующим схемам, условно изображённым на рисунке 4.38:

- Гнутые участки труб диаметром 89 мм и более измеряются в 5 сечениях: в каждом сечении в растянутой (лобовой) части и в обеих нейтральных зонах;

Рисунок 4.38 - Схема контроля толщины стенки в гibaх

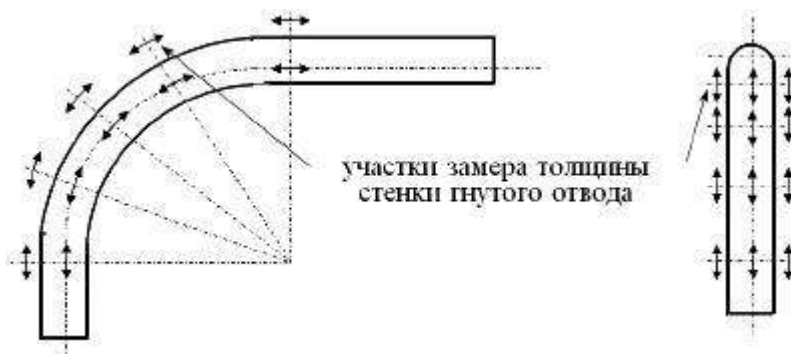


Рисунок 4.38 - Схема контроля толщины стенки в гibaх

- Гнутые участки труб диаметром менее 89 мм, в том числе и труб поверхностей теплообмена, измеряются в 3 сечениях: в каждом из них в растянутой (лобовой) части.

в) Для выявления коррозии внутренней стенки элемента следует уточнить места возможного поражения. Для труб это может быть нижняя образующая, для трубопроводов - застойные участки, для вертикальных сосудов - нижнее днище и т.д.

Намеченный участок контроля размечается в виде координатной сетки (с ячейками 50 × 50 мм), по которой проводятся замеры. При обнаружении утонения, путем дополнительных измерений определяются границы утонённой зоны и точная величина утонения стенки - рисунок 4.39.

Рисунок 4.39 - Схема координатной сетки

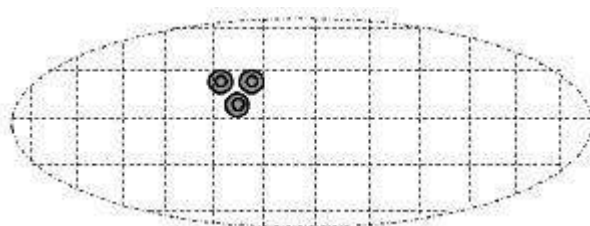


Рисунок 4.39 - Схема координатной сетки

г) Участки трубопроводов и патрубков за арматурой и дросселирующими устройствами подвергаются контролю толщинометрией на выявления эрозионных поражений.

Для уточнения мест возможной эрозии необходимо знать режимы работы этих устройств, объемы и скорости потока, состав рабочей среды и т.п.

Эрозия может быть обширной и затрагивать корпуса самой арматуры или быть местной, или игольчатой. Последняя плохо выявляется при толщинометрии, и может быть пропущена. Для выявления такой эрозии желательно применять ультразвуковой дефектоскоп с наклонными ПЭП.

д) Для выявления расслоения металла используется принцип измерения толщины стенки. Признаком расслоения является резкое, ступенчатое изменение показаний толщиномера при штатном проведении замеров толщины стенки. В этом случае применяется метод координатной сетки (Рисунок 4.39).

Размеры и конфигурация расслоения определяются граничными положениями ПЭП по поверхности сканирования.

Доступность проведения измерений с противоположной стороны элемента позволит подтвердить результаты контроля.

Следует иметь в виду, что группа (скопление) неметаллических включений в металле будет определяться аналогично расслоению.

4.2.2.12 Заключение

По результатам контроля и толщинометрии составляется учетно-отчетная документация.

Учетной документацией могут являться журналы заявок, рабочие журналы лабораторий, журналы результатов контроля и т.п.

Отчетной документацией являются Протоколы, Заключение, Отчеты и т.п. (приложение А)

4.2.3 Радиографический контроль

4.2.3.1 Общие положения

Радиографический метод контроля (РК) относится к радиационным видам контроля. Его сущность заключается в регистрации на фотоэмульсионном слое рентгеновской пленки интенсивности прохождения ионизирующего излучения через ОК. Интенсивность прошедшего излучения меняется от плотности материала ОК, т.е. наличие несплошности приведет к изменению интенсивности и оставит соответствующий след на рентгеновской пленке.

Радиографический контроль может применяться для выявления несплошностей (дефектов) в основном и наплавленном (в сварных соединениях) материале.

Основные требования к методу радиографического контроля металла сварных соединений сформулированы в [ГОСТ 7512](#).

При монтаже, ремонте и эксплуатации тепловых электростанций радиографический контроль применяется для контроля сварных соединений, как правило, в случаях невозможности использования ультразвукового метода контроля.

Недостатком РК является невозможность выявления тонких (<~0,3 мм) или совпадающих в плоскости раскрытия с направлением просвечивания трещин и несплавлений.

4.2.3.2 Участок радиографического контроля

а) Участок (группа) радиографического контроля входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующей аппаратурой и принадлежностями. Персонал, проводящий радиографический контроль, должен быть обучен и аттестован в установленном порядке.

в) В приложении к "Свидетельству об аттестации" лаборатории (в видах контроля) должен быть указан радиографический контроль и перечислено оборудование, на котором допускается его применение.

г) Помимо "Свидетельства об аттестации" лаборатория (участок) должна иметь "Санитарный паспорт", являющийся разрешением на эксплуатацию источников ионизирующего излучения и оговаривающий условия их применения и хранения.

д) Обязательным условием является организация в лаборатории дозиметрического контроля, укомплектованного аттестованным персоналом и метрологической аппаратурой.

е) При использовании источников гамма-излучения требуется наличие специально оборудованного хранилища с соответствующей системой охраны и с ведением учета выдачи гамма дефектоскопов.

4.2.3.3 Требование к аппаратуре, принадлежностям и материалу

Участок (группа) радиографического контроля должен комплектоваться:

- источниками ионизирующего излучения;
- приспособлениями для крепления источников излучения и кассет с пленкой (штативами, магнитными держателями и т.п.);
- кассетами, флуоресцирующими и металлическими экранами;
- эталонами чувствительности и маркировочными знаками;
- рентгеновскими пленками, фотохимическими реактивами, фотопринадлежностями;
- негатоскопом и денситометром для просмотра и измерения плотности снимков;
- диаграммами и таблицами для определения параметров просвечивания, мерительными линейками и шаблонами для оценки результатов контроля.

а) В качестве источников ионизирующего излучения при радиографии могут использоваться:

- гамма-дефектоскопы, представляющие собой контейнер с радиоактивным изотопом (ампулой) и дистанционным устройством для его извлечения, открытия;
- рентгеновские аппараты непрерывного излучения или портативные импульсные, с излучающим блоком (рентгеновской трубкой) и блоки питания и управления.

1) Гамма-дефектоскопы из-за сложных условий хранения и повышенной опасности при эксплуатации редко применяются в тепловой энергетике.

2) Рентгеновские аппараты становятся источником излучения только при включении электропитания, поэтому они менее опасны при эксплуатации и безопасны при хранении.

3) В условиях ТЭС в основном используются импульсные рентгеновские аппараты. Эти аппараты имеют малый вес и габариты, они в коротком импульсе создают энергию излучения высоких значений, что позволяет просвечивать толщины до 30 мм и более.

б) Для определения чувствительности радиографического контроля, согласно [ГОСТ 7512](#), используются специальные проволочные и канавочные эталоны (выпускаются серийно). Общий вид эталонов показан на рисунке 4.40. Размеры контрольных элементов эталонов (диаметр проволок и размер канавок) стандартизированы, разделены по группам - номерам.

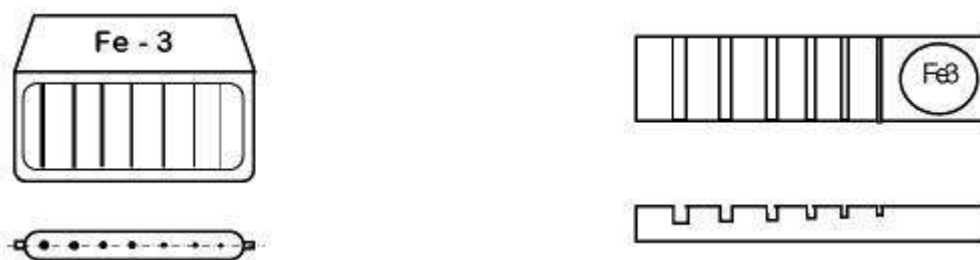


Рисунок 4.40 - Эталоны чувствительности: проволочный и канавочный

Эталон изготавливается из материала, основа которого аналогична основе сварного шва. Эталон маркируется по основе материала и размеру элементов: например Fe - 3.

в) Для маркировки рентгеновских снимков применяются стандартные маркировочные знаки (свинцовые буквы, цифры, стрелки), разделенные по размерам - номерам.

г) Рентгеновские пленки для регистрации результатов просвечивания различаются по чувствительности, контрастности и условиям использования (экранные и безэкранные). Экранные и безэкранные пленки маркируются в соответствии с чувствительностью, контрастностью и зернистостью.

д) Пленки и экраны помещаются (заряжаются) в защитные футляры-кассеты. Кассеты изготовлены из светонепроницаемого материала и бывают жесткие и гибкие.

Рекомендуется использовать готовые "пакеты" с рентгеновской пленкой различных размеров, помещенной в плотную бумагу с внутренним свинцовым покрытием, являющимся усиливающим экраном.

е) Для обработки рентгеновских пленок используются специальные фотореактивы, выпускаемые в виде сухих смесей или концентрированных растворов.

ж) Для просмотра рентгеновских снимков применяются негатоскопы, снабженные регуляторами яркости и величины просмотрного поля.

и) Оптическая плотность при расшифровке радиографических снимков измеряется денситометрами и аналогичными приборами для измерения оптической плотности.

к) Денситометры, эталоны чувствительности, рентгеновские пленки, мерительные линейки и трафареты должны подвергаться аттестации (поверке):

1) Денситометры и аналогичные приборы должны поверяться аккредитованной метрологической организацией и должны иметь "Сертификат соответствия".

2) Эталон подвергают поверке на целостность и отсутствие коррозии.

3) Рентгеновская пленка в начале и в процессе использования подлежит проверке на пригодность (чувствительность, наличие вуали, обеспечение необходимой оптической плотности и т.п.).

4) Диаграммы и таблицы для определения параметров просвечивания, мерительные шаблоны и трафареты для оценки результатов контроля должны быть составлены специализированными организациями, а их соответствие подтверждено документом.

4.2.3.4 Подготовка к контролю

Радиографический контроль выполняется при соблюдении следующих условий:

- при наличии двухстороннего доступа к сварному соединению, обеспечивающего возможность установки кассеты с плёнкой и источника излучения в соответствии с регламентируемыми схемами.

- при отношении радиационной толщины наплавленного металла к общей радиационной толщине в направлении просвечивания не менее 0,2.

Примечание - В соответствии с [ГОСТ 24034](#) под радиационной толщиной следует понимать суммарную длину участков оси рабочего пучка направленного первичного излучения в материале контролируемого объекта.

а) Подготовка к контролю заключается в подготовке самого объекта контроля и обеспечении возможности безопасного его проведения. Необходимо обеспечить удобный и безопасный доступ к изделию. При необходимости, изготавливать леса и подмости, устанавливать навесы и тепляки. Место контроля должно быть обеспечено электропитанием.

б) Подлежащее контролю сварное соединение должно быть очищено от окалины, шлака, брызг металла, грязи и отложений. Обнаруженные при осмотре наружные дефекты, а также неровности, мешающие выявлению несплошностей и расшифровке изображений на снимке, должны быть устранены.

в) Место контроля должно быть огорожено и отмечено специальными знаками радиационной опасности.

4.2.3.5 Выбор параметров и схем контроля

Эффективность радиографического контроля определяется возможностью получения качественного рентгеновского снимка, на котором отображены и поддаются расшифровке все несплошности и конструктивные особенности просвечиваемого сварного шва.

Качество рентгеновского снимка определяется многими факторами, основные из которых:

- тип и качество используемой рентгеновской пленки;

- применение усиливающих экранов;

- выбранная схема просвечивания;

- выбор параметров просвечивания (расстояние от источника излучения до ОК, количество и размер снимков, время экспозиции, параметры излучения).

а) Радиографические плёнки (экранные и безэкранные) разделяют в зависимости от зернистости, контрастности и чувствительности к излучению. Выбор той или иной плёнки определяется необходимостью получения радиографического снимка с определённой контрастностью (плотностью) и чёткостью изображения.

1) Высокочувствительные плёнки имеют крупные зерна и низкое пространственное разрешение, а низкочувствительные - мелкие зерна и высокое разрешение. Поэтому, хотя желательно чтобы время экспонирования плёнки было как можно короче, использование высокочувствительной плёнки ограничивается её зернистостью, которая в значительной мере определяет качество изображения.

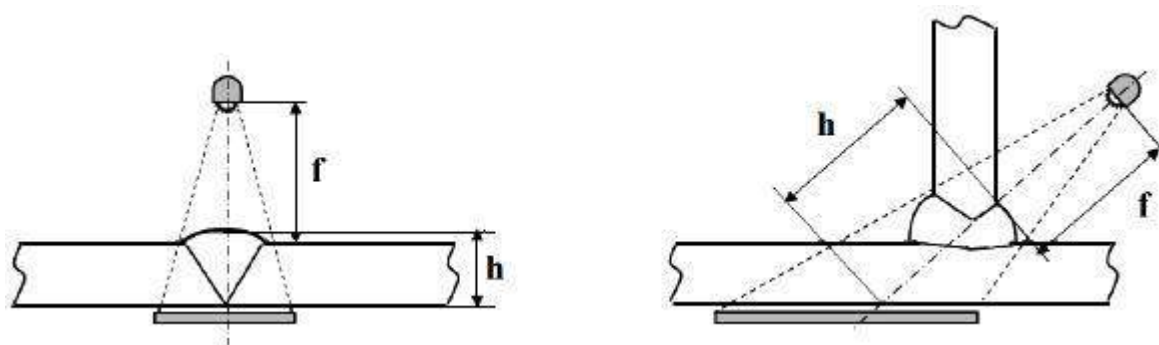
2) Экранные пленки предназначены для использования с флуоресцирующими экранами, которые за счет собственного люминесцентного излучения существенно сокращают время экспозиции, но ухудшают разрешающую способность снимка.

3) Безэкранные пленки используются без экранов, либо с усиливающими металлическими (свинцовыми, вольфрамовыми) экранами. Металлические экраны, за счет собственного вторичного излучения, сокращают время экспозиции и практически не ухудшают разрешающую способность снимка.

б) Схемы контроля (просвечивания) выбирают исходя из конструкции, размеров и меры доступности сварных швов.

1) Для сварных швов металлоконструкций, сосудов и трубопроводов большого диаметра основные рекомендуемые схемы контроля представлены на рисунке 4.41.

Рисунок 4.41 - Схемы контроля сварных швов металлоконструкций

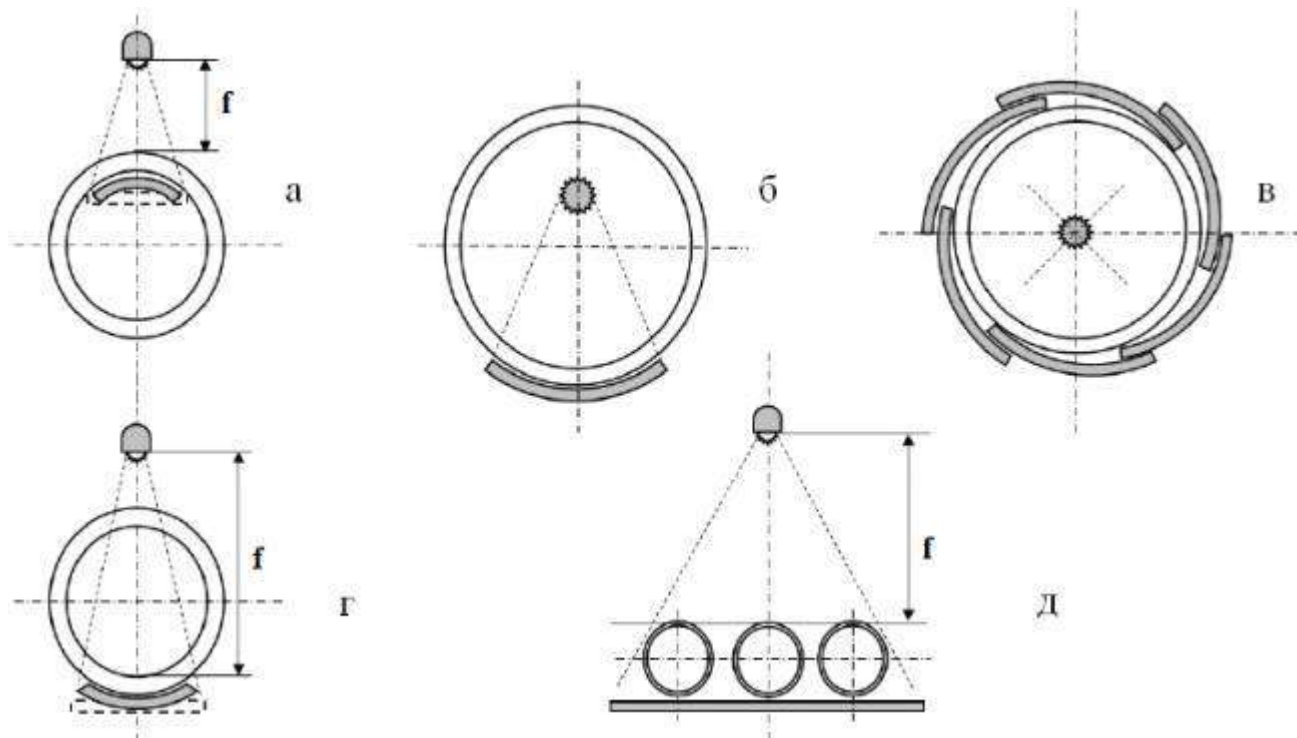


- расстояние от источника до ОК, - радиационная толщина ОК

Рисунок 4.41 - Схемы контроля сварных швов металлоконструкций

2) Для сварных швов труб рекомендуемые схемы контроля представлены на рисунке 4.42.

Рисунок 4.42 - Схемы контроля сварных швов труб



а, б и в - доступ изнутри трубы, г - без доступа изнутри трубы, д - одновременно несколько труб

Рисунок 4.42 - Схемы контроля сварных швов труб

3) Схема а, б и в (рисунок 4.42) используется при доступе к сварному шву изнутри трубы. Схема а - если внутренний диаметр трубы не позволяет обеспечить необходимое фокусное расстояние при установке излучателя внутри трубы. Схема б - если внутренний диаметр трубы позволяет обеспечить необходимое фокусное расстояние при установке излучателя внутри трубы. Контроль ведется отдельными участками. Схема в - панорамный контроль, излучатель внутри трубы, контроль проводится одновременно всего периметра шва. Схема г - контроль через две стенки, применяется при отсутствии доступа изнутри трубы. Схема д - просвечивание на эллипс, применяется при контроле труб малых диаметров (одной или одновременно нескольких) небольшими участками.

4) При контроле по схемам а, б и в (рисунок 4.42) направление излучения должно совпадать с плоскостью контролируемого сварного соединения. При контроле по схемам г и д направление излучения следует выбирать таким, чтобы изображения противоположащих участков сварного шва не накладывались на снимке друг на друга, но при этом угол между направлением излучения и плоскостью сварного шва должен быть минимальным и в любом случае превышать 45° .

5) Кроме рекомендуемых схем контроля, приведенных на рисунках 4.41 и 4.42, в зависимости от конструктивных особенностей сварных соединений и предъявляемых к ним требований, могут

использоваться другие схемы, оговариваемые в технологических процессах (ТКК).

в) Расстояние от источника излучения до поверхности контролируемого сварного соединения (при просвечивании кольцевых сварных швов через две стенки - до ближайшей к источнику поверхности кольцевого соединения) следует выбирать таким, чтобы выполнялись следующие требования:

- геометрическая нерезкость изображений дефектов на снимках (при положении пленки вплотную к контролируемому шву) не должна превышать половины требуемой чувствительности контроля при чувствительности до 2 мм, и 1 мм - при чувствительности более 2 мм;

- относительное увеличение размеров изображений дефектов, расположенных со стороны источника излучения (по отношению к дефектам, расположенным со стороны пленки), не должно превышать 1,25;

- уменьшение оптической плотности изображения сварного шва на снимке на любом участке этого изображения по отношению к оптической плотности изображения эталона чувствительности не должно быть более 1,0 ед.

Расстояние определяется по формулам, приведенным в Стандартах и других НД по радиографическому контролю.

г) Размеры и количество контролируемых за одну экспозицию участков для всех схем просвечивания (за исключением панорамного) следует выбирать исходя из тех же требований, что и при выборе расстояния .

Размеры и количество участков также определяются по формулам и таблицам, приведенным в Стандартах и других нормативных документах на РК.

д) При контроле кольцевых сварных соединений по схеме рисунка 4.42 в (панорамное просвечивание) отношение внутреннего диаметра к внешнему диаметру контролируемого соединения должно быть более 0,8, а максимальный размер фокусного пятна источника излучения должен быть:

$$\Phi_{\text{мм}} \leq \frac{Kd}{2(D-d)}, (3)$$

где - чувствительность контроля, мм.

В этом случае эталон чувствительности следует устанавливать со стороны источника излучения.

е) Размер снимков должен отвечать условиям:

1) Длина снимков - обеспечивать перекрытие изображений смежных участков сварного шва не менее 0,2 длины участка при его длине до 100 мм, и не менее 20 мм при его длине свыше 100 мм.

2) Ширина снимков - обеспечивать получение изображений сварного шва, эталонов чувствительности, маркировочных знаков и околошовной зоны шириной: для изделий со свариваемыми кромками толщиной до 20 мм - не менее толщины кромок; а для кромок толщиной свыше 20 мм - не менее 20 мм.

При контроле пересечений сварных швов на снимке должно отображаться изображение сварного шва на длине не менее трёх номинальных толщин свариваемых деталей, в каждую сторону от точки пересечения.

ж) Величину напряжения и тока на рентгеновской трубке (параметры рентгеновского излучения) или тип источника радиоактивного излучения следует выбирать в зависимости от толщины и плотности просвечиваемого материала. Рекомендации даются в таблицах и номограммах, приведенных в соответствующей нормативной документации по РК

Примечание - В большинстве импульсных рентгеновских аппаратов напряжение и ток на трубке не регулируются и параметры должны оставаться постоянными для каждого импульса.

и) Время экспозиции (время просвечивания) должно обеспечивать получение на снимке изображения шва, эталона чувствительности и околошовной зоны с оптической плотностью не менее 1,5 и не более 3,5.

Ориентировочные величины экспозиции определяют по специальным номограммам, приводимым для конкретного источника излучения, с учётом расстояния до ОК, радиационной толщины ОК, типа плёнки и экранов, необходимой оптической плотности снимка.

к) Чувствительность радиографического контроля определяется как наименьший диаметр проволоки или глубины канавки (соответственно проволочного или канавочного эталона), уверенно различаемых на рентгеновском снимке.

1) Чувствительность контроля определяется в мм: - для проволочного и - для канавочного эталона.

Допускается определять чувствительность контроля в процентах :

$$k = \frac{K}{s} \cdot 100 \quad \%, (4)^*$$

где * - толщина ОК в месте установки эталона.

* Формула и экспликация к ней соответствуют оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.

2) Конкретные значения чувствительности должны устанавливаться технической документацией (в том числе технологическими картами) на контролируемое изделие.

3) Эталоны чувствительности (номер эталона) рекомендуется выбирать таким образом, чтобы канавка или проволока, соответствующая требуемой чувствительности, была не первой и не последней в выбранном эталоне.

4.2.3.6 Порядок проведения контроля

а) Радиографический контроль тепломеханического оборудования ТЭС проводится по "технологическим картам" контроля "ТКК" (технологическим процессам).

Карты контроля должны соответствовать требованиям НД, распространяющейся на данный объект контроля.

ТКК разрабатываются специалистами не ниже 2-го уровня квалификации и утверждаются руководителем службы контроля (лаборатории). Допускается использовать ТКК (процессы), разработанные специализированными организациями.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую информацию:

- описание ОК (техническая характеристика, конструкция, типоразмер);
- тип источника ионизирующего излучения (гамма-дефектоскопы, рентгеновские аппараты);
- тип применяемой рентгеновской пленки (необходимость и тип применяемых экранов);
- схемы просвечивания (с количеством и размерами контролируемых участков);
- тип и номера эталонов чувствительности и маркировочных знаков, схема их установки;
- параметры контроля (расстояние от источника до ОК, время экспозиции, напряжение и ток для рентгеновских аппаратов);
- рекомендации и особенности контроля;

ТКК могут составляться на одно сварное соединение, или целиком на изделие, или на группу однотипных изделий.

в) Порядок проведения радиографического контроля состоит из следующих основных последовательных операций:

- получение заявки на проведение контроля,
- ознакомление с технической документацией на ОК,
- определение параметров контроля (из ТКК, технологий, методик, инструкций),
- прием ОК после подготовительных работ и визуального осмотра,

- разметка (маркировка) ОК,
- установка эталонов, кассет с рентгеновской пленкой и источника излучения,
- проведение контроля (просвечивания),
- фотохимическая обработка снимков,
- расшифровка результатов просвечивания и оценка ОК в целом,
- составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

г) Перед началом контроля дефектоскопист должен "принять" сварной шов, то есть убедиться в качественной его подготовке и в отсутствии дефектов на поверхности. Контроль до устранения дефектов не допускается.

д) Сварное соединение размечается на участки контроля в соответствии со схемой контроля, регламентируемой ТКК. Начало и направление разметки должно быть задано меткой (сохраняемым знаком) на сварном соединении.

е) На контролируемые участки сварного шва устанавливаются маркировочные знаки, ограничительные метки, эталоны чувствительности и кассеты с рентгеновской пленкой.

1) Схема установки маркировочных знаков, ограничительных меток и эталонов чувствительности показана на рисунке 4.43. Тип и номер устанавливаемых элементов регламентируется технологией контроля (ТКК).

Рисунок 4.43 - Схема установки маркировочных знаков, эталонов чувствительности и ограничительных меток

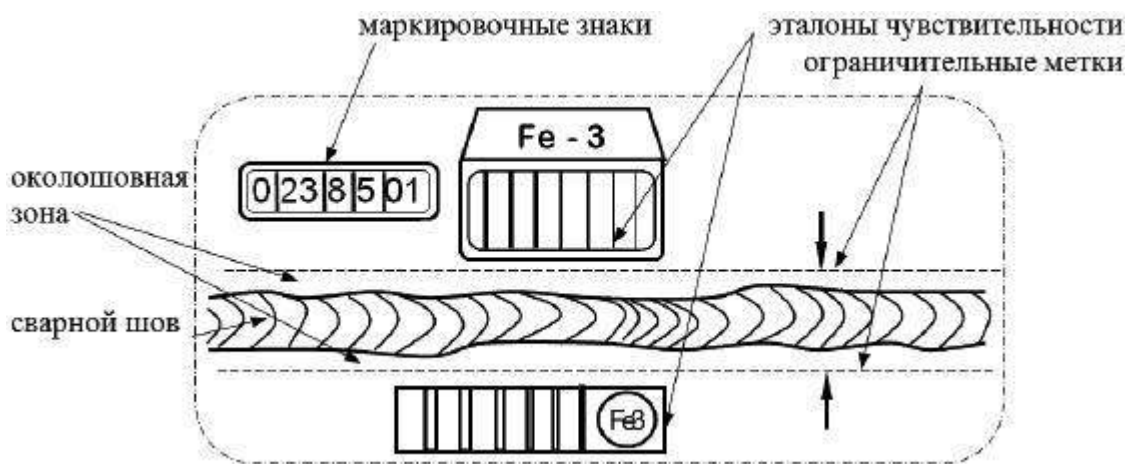

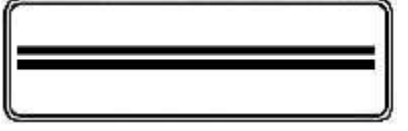
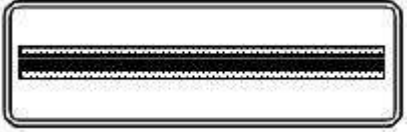

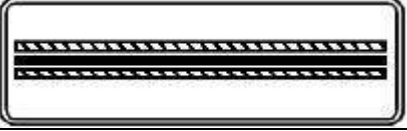



Рисунок 4.43 - Схема установки маркировочных знаков, эталонов чувствительности и

ограничительных меток

- 2) Эталоны чувствительности следует устанавливать на контролируемом участке сварного шва со стороны источника излучения. Допускается устанавливать эталоны со стороны кассеты с плёнкой при контроле пустотелых изделий через две стенки или при панорамном просвечивании.
- 3) Проволочные эталоны чувствительности следует устанавливать непосредственно на шов с направлением проволок поперёк шва; канавочные - рядом со сварным швом с направлением канавок перпендикулярно шву и не перекрывая околошовную зону.
- 4) При контроле кольцевых сварных соединений трубопроводов диаметром менее 100 мм допускается устанавливать канавочные эталоны чувствительности на расстоянии не менее 5 мм от шва с направлением канавок вдоль шва.
- 5) Если при панорамном просвечивании кольцевых сварных соединений на шов устанавливается более четырёх плёнок, допускается устанавливать по одному эталону на каждую четверть длины окружности шва.
- 6) Маркировочные и ограничительные знаки следует устанавливать непосредственно на контролируемом участке шва или на кассете с пленкой так, чтобы их изображения на снимках не накладывались на изображение шва и околошовной зоны.
- 7) При необходимости проводить оценку величины вогнутости и выпуклости корня шва, на сварное соединение должен быть установлен образец-имитатор. Образец-имитатор следует устанавливать рядом со швом так, чтобы направление выступа (канавки) совпадало с продольной осью шва.
- ж) Схема установки кассеты с рентгеновской пленкой определяется схемой просвечивания и регламентируется технологией контроля (ТКК).
- 1) При самостоятельной зарядке радиографической плёнки в кассету следует руководствоваться схемами, изображёнными на рисунке 4.44.

Рисунок 4.44 - Схема зарядки кассет

Способ зарядки кассеты	С одной пленкой	С двумя пленками
рентгеновская пленка без экранов		
с усиливающими флуоресцирующими экранами		
с усиливающими металлическими экранами		

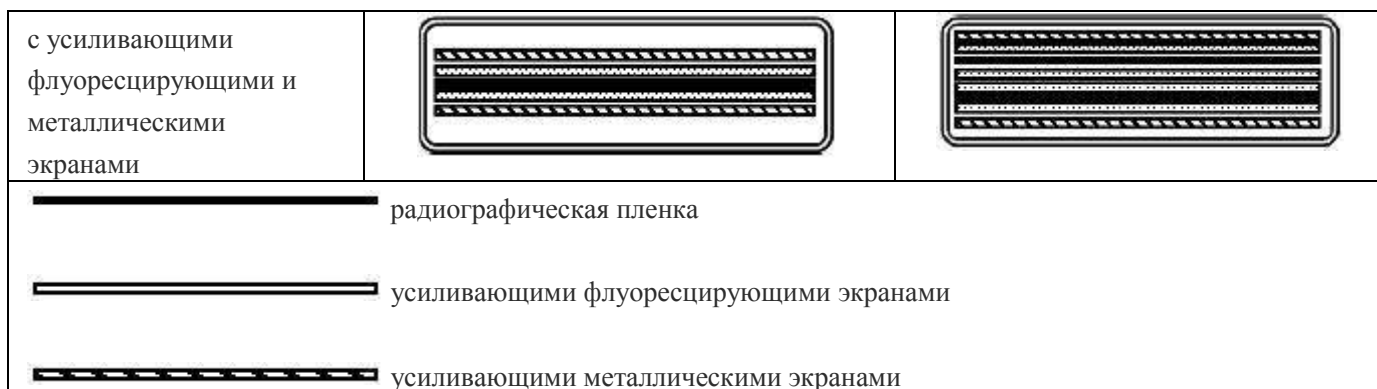


Рисунок 4.44 - Схема зарядки кассет

- 2) Упаковка радиографической плёнки должна быть неповрежденной, иметь этикетку (маркировку) завода-изготовителя и неистекший срок годности. Годность пленки определяется пробой на экспонированной и неэкспонированной плёнке. Обработанные плёнки должны иметь равномерную оптическую плотность без каких-либо видимых повреждений эмульсионного слоя. Плотность вуали экспонированной и неэкспонированной плёнки должна быть не более 0,3 ед.
- 3) Усиливающие экраны должны иметь чистую гладкую поверхность без складок, царапин, морщин, надрывов и прочих дефектов, фиксируемых на снимках и затрудняющих их расшифровку.
- 4) При проведении просвечивания, для защиты плёнки от рассеянного излучения, рекомендуется экранировать кассету с плёнкой со стороны, противоположной источнику излучения, свинцовым экраном толщиной от 1,0 до 2,0 мм.
- 5) Материал и размеры кассеты должны обеспечивать плотное прилегание плёнки к экранам внутри кассеты и плотное прилегание кассеты к контролируемому изделию. В случае, когда по схеме контроля не требуется изгибать радиографическую пленку, рекомендуется применять жесткие кассеты.
- 6) Кассета укрепляется на ОК с помощью магнитных держателей, эластичной ленты или другим приспособлением.
- 7) Для установки источника ионизирующего излучения используются штатные штативы, входящие в заводской комплект источника, или специально разработанные приспособления (штативы и другая оснастка).

4.2.3.7 Фотохимическая обработка снимков

- а) Все работы с радиографической плёнкой следует проводить в специально отведённом и соответственно оснащенном помещении (комнате) - "фотолаборатории".
- б) Фотохимическая обработка радиографических снимков должна осуществляться в баках-танках или в автоматах для фотообработки. При небольшом количестве снимков используют обычные фотокуветы.

в) Фотохимическая обработка производится в следующей последовательности: проявление, промежуточная промывка, фиксирование, предварительная промывка, окончательная промывка, сушка.

г) Для получения качественного снимка (требуемой плотности и контрастности) необходимо соблюдать рекомендации изготовителя рентгеновской пленки или справочные данные: по типу и рецептуре реактивов, температурному режиму и времени обработки пленки. Не рекомендуется в одном литре свежеприготовленных проявляющего и фиксирующего раствора обрабатывать более 1 м пленки.

д) Предварительную промывку снимков после фиксирования следует проводить в течение 1-2 минут в непроточной воде, при температуре от 14 до 22 °С.

Окончательную промывку следует проводить в проточной воде, при температуре от 18 до 21 °С. Продолжительность промывки зависит от температуры воды и длится около 20 мин.

е) Сушить снимки рекомендуется в специализированном сушильном шкафу или другой защищенной от пыли камере с вентиляцией подогретым воздухом (не более плюс 35 °С). Допускается помещать в сушильный шкаф адсорбенты влаги.

4.2.3.8 Расшифровка радиографических снимков.

Для просмотра радиографической плёнки следует применять серийные негатоскопы (отечественного и зарубежного производства) с регулируемой яркостью и изменяемыми размерами просмотрового поля, обеспечивающие уверенный просмотр плёнки с оптической плотностью до 4,0 единиц. Максимальная яркость освещенного поля негатоскопа должна составлять не менее 10 кд/м (где Д - оптическая плотность снимка, который подлежит расшифровке).

Для измерения оптической плотности следует применять серийные денситометры, микрофотометры или другие аналогичные приборы.

Примечание - В некоторых моделях негатоскопов имеется встроенный денситометр.

Допускается проводить оценку оптической плотности плёнки путём её визуального сравнения с аттестованными ступенчатыми образцами плотности (оптическими клиньями).

а) Радиографические снимки, допущенные к расшифровке, должны удовлетворять следующим требованиям:

1) На изображении шва и контролируемой околошовной зоны не должно быть пятен, полос, загрязнений и повреждений эмульсионного слоя, а также изображений посторонних предметов, затрудняющих расшифровку снимка;

2) На снимках должны быть видны четкие изображения ограничительных меток, маркировочных знаков и эталонов чувствительности (за исключением случаев, когда контроль проводится без тех и других).

3) Оптическая плотность изображений на снимке должна быть не менее 1,5 и не более 3,5 (при контроле сварных соединений с переменным сечением допускается увеличение оптической плотности участков с меньшей толщиной до 4,0);

4) Уменьшение оптической плотности изображения шва и контролируемой околошовной зоны на любом участке снимка не должно превышать 1,0 по отношению к оптической плотности изображения эталона чувствительности (или участка, на котором установлен проволоочный эталон чувствительности).

б) Чувствительность контроля определяется по изображению контрольных элементов эталона чувствительности и должна удовлетворять требованиям нормативной документации (соответствовать "Нормам допустимости" дефектов), т.е. гарантировать выявление недопустимых дефектов.

в) Для измерения размеров отдельных несплошностей (за их размеры принимаются размеры их изображений на снимках) при расшифровке следует использовать: измерительную лупу, прозрачную измерительную линейку, шаблоны и трафареты.

1) При документальном оформлении результатов расшифровки снимков размеры дефектов следует округлять до ближайших значений из ряда: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм или, для дефектов размерами более 3,0 мм, до ближайших целых значений в миллиметрах,

2) Если при контроле пленка располагается на некотором расстоянии от поверхности контролируемого шва (с зазором), то для правильного вычисления размеров дефектов следует использовать поправку - коэффициент:

$$\frac{f + h}{f + h + H},$$

где - расстояние от источника излучения до поверхности контролируемого участка;

- расстояние от пленки до прилегающей поверхности контролируемого участка;

- радиационная толщина, в миллиметрах.

4.2.3.9 Оценка качества сварных соединений

Оценку качества сварных соединений следует проводить по нормам, установленным для номинальных размеров (толщины стенки) в соответствии с таблицей 4.8, 4.9 и 4.10.

Таблица 4.8 - Нормы допустимых дефектов, выявляемых радиографическим контролем в сварных соединениях элементов трубопроводов и котлов

Размерный показатель сварного соединения, мм	Минимальный фиксируемый размер включения, мм	Одиночные включения и скопления				Одиночные протяженные включения			Непровар в корне швастычков с односторонним доступом без подкладного кольца, мм (не более)	
		Допустимый максимальный размер, мм		условия допустимости на любом участке сварного соединения длиной 100 мм		допустимые		допустимое число на любом участке сварного соединения протяженностью 100 мм		
		включения	скопления	допустимое число	допустимая суммарная площадь, мм	максимальный размер, мм	максимальная ширина, мм		высотой (глубиной)	суммарной длиной
От 2 до 3,0 включительно	0,10	0,6	1,0	12	2,0	5,0	0,6	2	0,3	20% внутреннего периметра
Свыше 3,0 до 4,0 включительно	0,20	0,8	1,2	12	3,5	5,0	0,8	2	0,4	
Свыше 4,0 до 5,0 включительно	0,20	1,0	1,5	13	5,0	5,0	1,0	2	0,5	
Свыше 5,0 до 6,5 включительно	0,20	1,2	2,0	13	6,0	5,0	1,2	3	0,6	
Свыше 6,5 до 8,0 включительно	0,20	1,5	2,5	13	8,0	5,0	1,5	3	0,8	
Свыше 8,0 до 10,0 включительно	0,30	1,5	2,5	14	10,0	5,0	1,5	3	1,0	
Свыше 10,0 до 12,0 включительно	0,30	2,0	3,0	14	12,0	6,0	2,0	3	1,2	
Свыше 12,0	0,40	2,0	3,0	15	14,0	6,0	2,0	3	1,4	

до 14,0 включитель но									
Свыше 14,0 до 18,0 включитель но	0,40	2,5	3,5	15	16,0	6,0	2,5	3	1,8
Свыше 18,0 до 22,0 включитель но	0,50	3,0	4,0	16	20,0	7,0	3,0	3	2,0
Свыше 22,0 до 24,0 включитель но	0,50	3,0	4,5	16	25,0	7,0	3,0	3	2,0
Свыше 24,0 до 28,0 включитель но	0,60	3,0	4,5	18	25,0	8,0	3,0	3	2,0
Свыше 28,0 до 32,0 включитель но	0,60	3,5	5,0	18	31,0	8,0	3,5	3	2,0
Свыше 32,0 до 35,0 включитель но	0,60	3,5	5,0	20	35,0	9,0	3,5	3	2,0
Свыше 35,0 до 38,0 включитель но	0,75	3,5	5,0	20	35,0	9,0	3,5	3	2,0
Свыше 38,0 до 44,0 включитель но	0,75	4,0	6,0	21	41,0	10,0	4,0	3	2,0
Свыше 44,0 до 50,0 включитель но	0,75	4,0	6,0	22	47,0	11,0	4,0	3	2,0
Свыше 50,0 до 60,0 включитель но	1,00	4,0	6,0	23	55,0	12,0	4,0	4	2,0
Свыше 60,0 до 70,0	1,00	4,0	6,0	24	65,0	13,0	4,0	4	2,0

включитель но									
Свыше 70,0 до 85,0 включитель но	1,25	5,0	7,0	25	78,0	14,0	5,0	4	2,0
Свыше 85,0 до 100,0 включитель но	1,50	5,0	7,0	26	92,0	14,0	5,0	4	2,0
Свыше 100,0	2,00	5,0	8,0	27	115,0	14,0	5,0	4	2,0

Примечание - * Высоту (глубину) дефектов определяют по имитаторам или эталонным снимкам.

Таблица 4.9 - Нормы допустимой выпуклости корня шва

Номинальный внутренний диаметр сваренных элементов, мм	Допустимая максимальная высота выпуклости корня шва, мм
До 25 включительно	1,5
Свыше 25 до 150 включительно	2,0
Свыше 150	2,5

Таблица 4.10 - Нормы допустимой вогнутости корня шва

Номинальная толщина стенки сваренных элементов, мм	Допустимая максимальная высота (глубина) вогнутости корня шва, мм
От 2,0 до 2,8 включительно	0,6
Свыше 2,8 до 4,0 включительно	0,8
Свыше 4,0 до 6,0 включительно	1,0
Свыше 6,0 до 8,0 включительно	1,2
Свыше 8	1,6

а) Качество сварного соединения по результатам радиографического контроля оценивается по двухбалльной схеме: балл 1; балл 2.

1) Сварные соединения оценивают баллом 1, если в них при контроле выявлены:

- трещины любых видов и направлений, непровары (за исключением случаев, оговоренных НД), свищи, прожоги;

- дефекты, превышающие допустимые по размерам и по количеству;

- выпуклость и вогнутость корня шва, превышающие допустимые размеры.

2) Сварные соединения оценивают баллом 2, если в них отсутствуют дефекты или размеры дефектов не превышают максимально допустимые нормы.

б) Оценка величины вогнутости и выпуклости корня шва при контроле сварных соединений трубопроводов, выполненных без подкладных колец, должна проводиться визуально путём сравнения оптической плотности изображения корня шва с оптическими плотностями изображений соответствующих им канавок или выступов образцов-имитаторов.

4.2.3.10 Оформление результатов контроля

а) По результатам радиографического контроля составляется учетно-отчетная документация (Приложение А).

б) Для условного обозначения дефектов в Заключениях, Протоколах и в журналах регистрации результатов контроля следует применять обозначения, приведенные в [ГОСТ 7512](#).

в) Экспонированные рентгеновские пленки (снимки) хранятся в лаборатории, проводившей контроль, или передаются в подразделение, эксплуатирующее оборудование, в качестве приложений к Протоколам.

Условия и срок хранения пленок определяются регламентом, принятым на ТЭС.

4.2.3.11 Требования к безопасности

а) Радиографический контроль с использованием рентгеновского и гамма-излучения относится к работам с особо вредными условиями труда. Основным видом опасности для персонала при радиографическом контроле является воздействие на организм ионизирующего излучения.

б) При работе с ионизирующими источниками излучения должны строго выполняться условия ведения и регистрации результатов дозиметрического контроля.

в) Следует строго соблюдать режимы безопасного проведения контроля в рабочих цехах, помещениях и на оборудовании в условиях эксплуатации ТЭС.

г) При проведении радиографического контроля, хранении и других работах с радиоактивными источниками излучения должна быть обеспечена безопасность в соответствии с требованиями основных санитарных правил по обеспечению радиационной безопасности [СП 2.6.1.799-99 \(ОСПОРБ-99\)*](#) [5], норм радиационной безопасности [НРБ-99**](#) [6], а также санитарных правил при рентгеновской дефектоскопии. [СП 2.6.1.1283-03](#) [7] и [ГОСТ 23764](#).

* На территории Российской Федерации документ не действует. Действуют [СП 2.6.1.2612-10 \(ОСПОРБ 99/2010\)](#), здесь и далее по тексту;

** На территории Российской Федерации документ не действует. Действуют [СанПиН 2.6.1.2523-09 \(НРБ-99/2009\)](#), здесь и далее по тексту. - Примечание изготовителя базы данных.

д) При транспортировании радиоактивных источников излучения должны соблюдаться требования правил безопасности при транспортировании радиоактивных материалов [СанПиН 2.6.1.1281-03](#) [8], утвержденных Главным государственным санитарным врачом.

4.2.4 Магнитопорошковый контроль

4.2.4.1 Общие положения

Основные положения метода магнитопорошкового контроля металла изложены в [ГОСТ 21105](#).

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

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

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

При магнитопорошковом (МПК) контроле фиксация нарушений магнитного потока (выявления полей рассеивания) над несплошностью осуществляется с помощью мелких ферромагнитных частиц (магнитным порошком). Принципиальная схема реализации магнитопорошкового метода контроля показана на рисунке 4.45.

Рисунок 4.45 - Схема метода

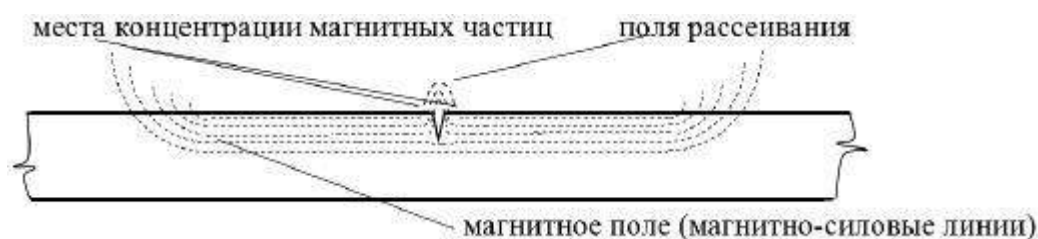


Рисунок 4.45 Схема метода

б) Магнитопорошковый контроль может применяться на различных деталях теплосилового оборудования ТЭС, изготовленных из ферромагнитных материалов с относительной магнитной проницаемостью не менее 40.

в) Магнитопорошковому контролю подвергаются детали и элементы (ОК), на поверхности которых в процессе изготовления, эксплуатации или ремонта могут образовываться поверхностные несплошности (в основном трещины):

- арматура (наружная и внутренняя поверхность);
- тройники (сварные, литые, кованные);
- конические переходы (литые, кованные);
- колена (гнутое, литые, штампованные);
- стыковые и угловые сварные швы;
- корпуса насосов и турбин;
- детали проточной части турбин (диски, роторы, лопатки, диафрагмы),

- а также любые участки деталей в местах вероятного появления поверхностных несплошностей (обечайки и днища сосудов и барабанов, зоны отверстий камер, растянутая часть гибов труб и т.п.).

г) Особенно эффективно применение магнитопорошкового контроля в процессе эксплуатации для выявления эксплуатационных поверхностных трещин на участках концентрации механических напряжений.

4.2.4.2 Участок (группа) магнитопорошкового контроля

а) Участок (группа) магнитопорошкового контроля входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующей аппаратурой и принадлежностями. Персонал, проводящий магнитопорошковый контроль, должен быть обучен и аттестован в специализированных аттестационных центрах.

в) В приложении к "Свидетельству об аттестации" лаборатории (в перечне видов контроля) должен быть указан магнитопорошковый контроль и перечислено оборудование ТЭС, на котором допускается его применение.

4.2.4.3 Аппаратура и образцы для магнитопорошкового контроля

а) Магнитопорошковые дефектоскопы, предлагаемые отечественной и зарубежной промышленностью, представляют собой устройства для намагничивания детали (создания в ней магнитного поля).

б) Дефектоскопы различаются по виду и типу создаваемого поля, способу энергоснабжения и функциональности, они делятся на:

- простейшие (устройства с постоянными магнитами, малогабаритные электромагниты, низковольтные трансформаторы повышенного тока);

- универсальные, обеспечивающие различные режимы намагничивания и размагничивания, снабженные блоками питания и управления;

- специальные, предназначенные для контроля какого-то конкретного изделия, или особого характера намагничивания, либо стационарные с объемными ваннами, держателями для ОК и различными осветительными приборами.

в) Магнитные дефектоскопы не являются измерительными приборами и не требуют периодической аттестации, но подвергаются обязательной поверке для подтверждения паспортных технических характеристик и оценки величины создаваемого магнитного поля.

г) Оценка магнитного поля может производиться приборами - магнитометрами, либо на "образцах индикатора" поля, либо на аттестованных контрольных образцах.

д) Примером образца индикатора поля служит небольшая конструкция с ферромагнитной основой, в которой изготовлены сквозные калиброванные щели. Устройство помещают в магнитное поле в центр контролируемого участка и на него наносят магнитный порошок. Четкая индикация калиброванных щелей подтверждает достаточную величину магнитного поля.

е) Контрольные образцы, схематично изображённые на рисунке 4.46, представляют собой пластину из ферромагнитного материала, в которой искусственным способом изготовлены трещины. Наибольшее распространение получили образцы с азотированным поверхностным слоем. Трещины изготавливаются в азотированном слое в момент его растрескивания при механическом воздействии.

Рисунок 4.46 - Контрольные образцы

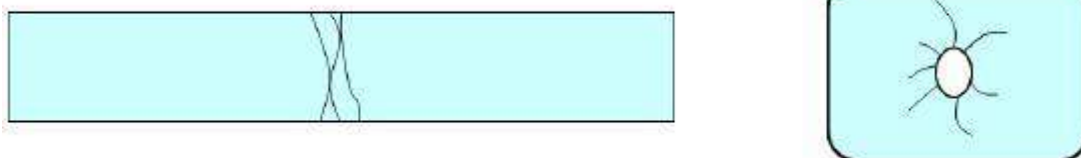


Рисунок 4.46 - Контрольные образцы

Величина раскрытия трещин определяется силой воздействия, а глубина - толщиной азотированного слоя. Точные размеры трещин определяются инструментальными микроскопами.

Контрольные образцы аттестуются по уровням чувствительности, исходя из размеров трещин.

ж) Контрольные образцы в процессе использования подлежат профилактическому размагничиванию, очистке от остатков порошка и периодической метрологической аттестации.

4.2.4.4 Материалы для магнитопорошкового контроля

- а) При МПК используются сухие порошки и суспензии. Основой порошков и суспензий являются мелкие ферромагнитные частицы (обычно окись-закись железа черного цвета).
- б) Для улучшения контрастности к ферромагнитной основе порошка могут добавляться различные красители, в том числе люминесцентные.
- в) Суспензии представляют собой взвеси порошка в жидкостях на основе керосина или воды с добавлением различных эмульгаторов.
- г) В процессе контроля качество магнитного порошка проверяется методом "магнитной пробы", а качество суспензии - "методом отстоя" согласно требованиям действующих стандартов.
- д) Порошки и пасты для суспензий изготавливаются централизованно по стандартным рецептам. Суспензии, как правило, составляются самостоятельно (рецептура должна указываться в методиках или картах контроля). Допускается пользоваться готовыми суспензиями, выпускаемыми в аэрозольных упаковках.

4.2.4.5 Параметры магнитопорошкового контроля

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

Все эти факторы объединяются единой характеристикой контроля - чувствительностью.

- б) В магнитопорошковом контроле приняты три условных уровня чувствительности, выраженные предельными размерами выявляемых несплошностей, - приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11

Условный уровень (класс) чувствительности	Ширина выявленной несплошности, мкм	Мин. протяженность несплошности, мм
А	2,5	свыше 0,5
Б	10,0	
В	25,0	
Примечания:		
1 Соответствие уровней чувствительности выполняется при соотношении глубины несплошности к ширине равной 10;		
2 При выявлении подповерхностных несплошностей чувствительность уменьшается в зависимости от глубины залегания.		

4.2.4.6 Подготовка к контролю

а) Работы по организации и подготовке оборудования к контролю возлагаются на техническое руководство ТЭС.

Технические службы ТЭС должны предоставить на объект контроля всю необходимую техническую документацию (п.4.1.11 настоящего СТО).

б) Подготовка к контролю заключается в обеспечении возможности безопасного проведения контроля и подготовке самого объекта контроля.

В производственных условиях необходимо обеспечить удобный и безопасный доступ к изделию, при необходимости изготавливать леса и подмости.

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

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

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

4.2.4.7 Выбор параметров и схем контроля

а) Основным параметром магнитопорошкового контроля является чувствительность. Для контроля теплосилового оборудования ТЭС принят условный уровень чувствительности "Б", как наиболее оптимальный.

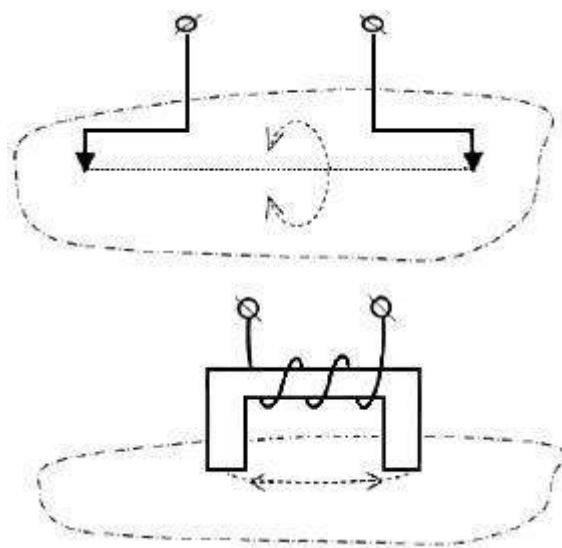
б) В МПК применяют два способа намагничивания изделия: способ остаточной намагниченности (СОН) и способ приложенного поля (СПП).

При способе СОН нанесение фиксируемого вещества (порошка или суспензии) проводится после намагничивания ОК.

При способе СПП нанесение фиксируемого вещества проводится одновременно с процессом намагничивания ОК.

в) Для создания в изделии магнитного поля применяются три вида намагничивания (по форме магнитного потока), схематично показанные на рисунке 4.47:

Рисунок 4.47 - Три вида намагничивания (по форме магнитного потока) для создания в изделии магнитного поля



I - циркулярное намагничивание - пропусканием тока по контролируемому участку изделия; II - продольное (полюсное) намагничивание - прикладыванием внешнего поля постоянного или электромагнита; III - комбинированное намагничивание - одновременно пропусканием тока и прикладыванием внешнего поля

Рисунок 4.47

Магнитные поля могут создаваться постоянным, переменным или импульсным током.

г) При способе СОН используется циркулярный вид намагничивания током большой силы (более 1000 А) - рисунок 4.48.

Рисунок 4.48 - Циркулярный вид намагничивания током большой силы

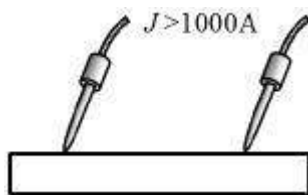
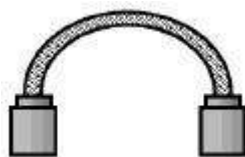


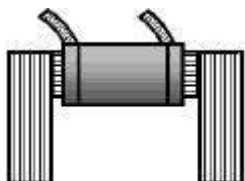
Рисунок 4.48

При способе СПП используется продольный вид намагничивания внешним полем - рисунок 4.49.

Рисунок 4.49 - Продольный вид намагничивания внешним полем при способе СПП



постоянный магнит



электромагнит



соленоид

Рисунок 4.49

Комбинированный вид намагничивания при контроле на ТЭС практически не применяется.

д) Поскольку поля рассеивания возникают только в том случае, когда магнитное поле пересекает плоскость несплошности, то правильный выбор схемы контроля является основным условием его эффективности.

е) Циркулярное намагничивание:

1) магнитные линии пересекают несплошность, образуя поля рассеивания - оптимальные условия выявления (рисунок 4.50 а);

2) магнитные линии не пересекают несплошность, поля рассеивания не образуются - несплошность не выявляется (рисунок 4.50, б).

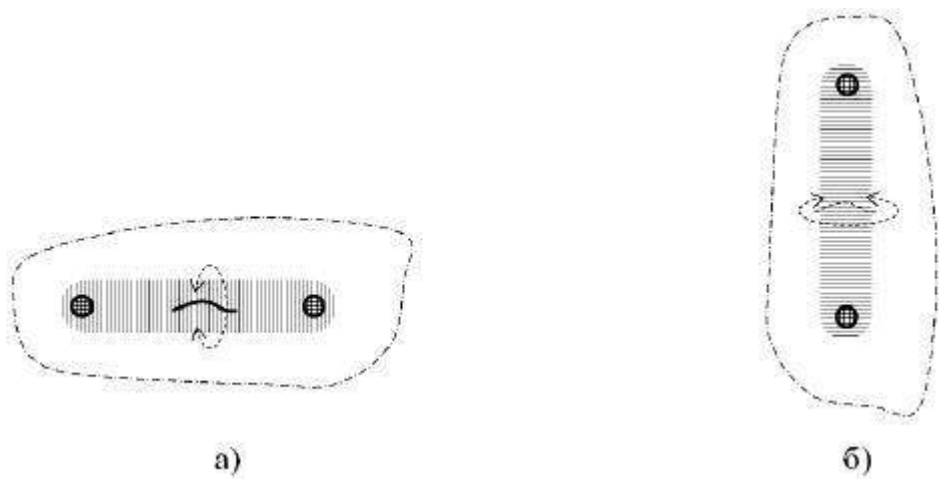


Рисунок 4.50

ж) Продольное намагничивание:

1) магнитные линии не пересекают несплошность, поля рассеивания не образуются - несплошность не выявляется (рисунок 4.51, а);

2) магнитные линии пересекают несплошность, образуя поля рассеивания - оптимальные условия выявления (рисунок 4.51, б).

Рисунок 4.51 - Продольное намагничивание

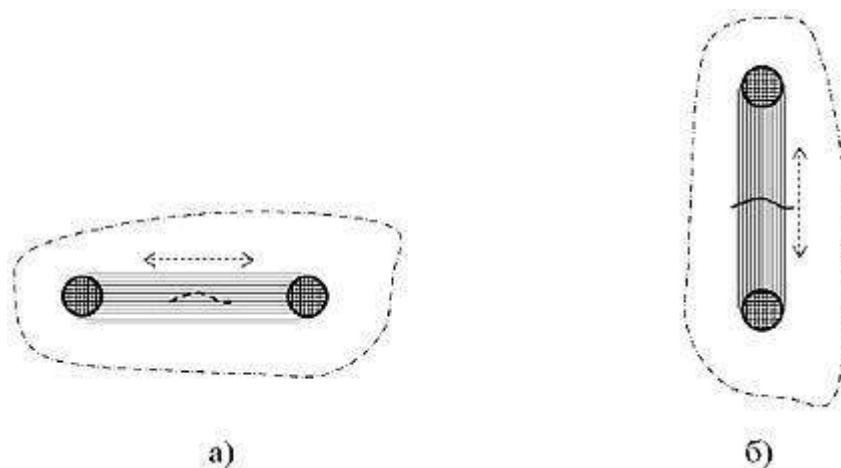


Рисунок 4.51

4.2.4.8 Порядок проведения контроля

а) Магнитопорошковый контроль тепломеханического оборудования ТЭС проводится по "технологическим картам" контроля (технологическим процессам).

Карты контроля (ТКК) должны соответствовать требованиям НД, распространяющейся на данный объект контроля.

ТКК разрабатываются специалистами не ниже 2-го уровня квалификации и утверждаются руководителем службы контроля (лаборатории). Допускается использовать ТКК (процессы), разработанные специалистами сторонних специализированных организаций.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую основную информацию:

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

ТКК могут составляться как на одну конкретную конструкцию, так и на группу однотипных изделий.

в) Перед началом контроля дефектоскопист должен "принять" изделие, то есть убедиться в качественной его подготовке и в отсутствии дефектов на поверхности. Контроль до устранения дефектов не допускается.

г) Порядок проведения МПК-контроля состоит из следующих последовательных операций:

- получение заявки на проведение контроля,
- ознакомление с технической документацией,
- определение параметров контроля (из ТКК, методик, инструкций),
- прием ОК после подготовительных работ и визуального осмотра,
- проведение контроля (намагничивание и нанесение фиксирующего вещества),
- осмотр ОК,
- оценка результатов контроля ОК в целом,
- составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

4.2.4.9 Требования к методикам магнитопорошкового контроля

- а) Магнитопорошковому контролю может быть подвергнут любой участок изделия или детали из ферромагнитного материала, подготовленного соответствующим образом (см. п.п.4.2.4.6).
- б) Основная задача перед проведением контроля заключается в определении мест возможного расположения несплошностей, их конфигурации и направления. Такие данные получают при анализе технологии изготовления и характера эксплуатации оборудования. На основании этих данных определяются участки и составляются схемы контроля (в компетенцию дефектоскопистов не входит).

в) В качестве примера приведены несколько вариантов схем контроля:

- 1) радиусные поверхности, сварные и литые тройники (рисунок 4.52);

Рисунок 4.52 - Радиусные поверхности, сварные и литые тройники

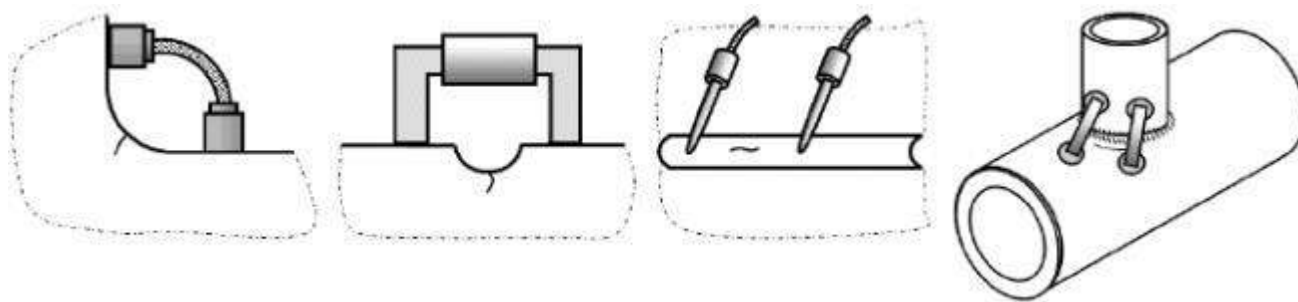


Рисунок 4.52

- 2) участки труб, корпусов, днищ (рисунок 4.53):

Рисунок 4.53 - Участки труб, корпусов, днищ

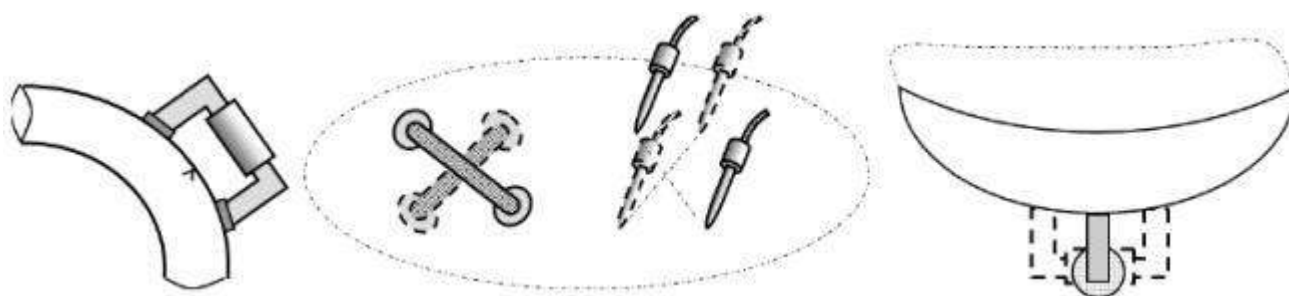


Рисунок 4.53

- 3) шпильки и болты (рисунок 4.54):

Рисунок 4.54 - Шпильки и болты

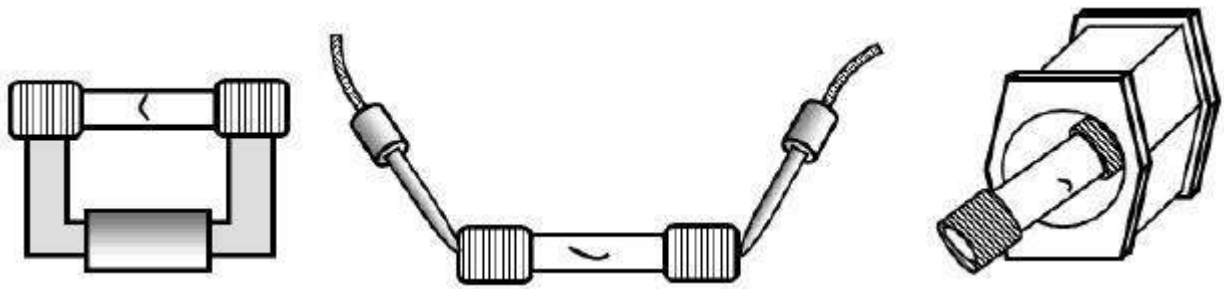


Рисунок 4.54

г) Для намагничивания крупногабаритных и толстостенных изделий (корпусов турбин, арматуры, литья и т.п.) требуется создание полей высоких значений, которые удастся получить циркулярным намагничиванием, пропуская ток через контролируемый участок ОК.

В этом случае применяется способ остаточного намагничивания (СОН).

В качестве источников тока используются универсальные дефектоскопы (или силовые понижающие трансформаторы, подобные сварочным), укомплектованные электрическими кабелями и электродами с медными, латунными или свинцовыми наконечниками.

1) Процесс контроля включает следующие последовательные операции:

- намагничивание участка контроля пропусканием тока;
- снятие (отключения) тока с участка контроля;
- нанесение фиксирующего вещества;
- осмотр рисунка, полученного на поверхности участка контроля;
- оценка результатов контроля.

2) Параметры намагничивания (участки, схема, расстояние между электродами, ток или величина поля, тип порошка или суспензии, тип и уровень освещенности и т.п.) указаны в ТКК.

д) Для намагничивания малогабаритных и тонкостенных изделий (лопаток и дисков турбин, участков труб, ремонтных наплавки, и т.п.) достаточно магнитных полей малых величин, которые получают продольным намагничиванием. В этом случае применяется способ приложенного поля намагничивания (СПП).

Намагничивание может создаваться постоянными магнитами или электромагнитами постоянного тока. Для небольших изделий, например крепежных шпилек, могут применяться проходные катушки - соленоиды.

1) Процесс контроля включает следующие последовательные операции:

- установка намагничивающего устройства на участок контроля;
- намагничивание с выдержкой (включение электромагнита);
- нанесение фиксирующего вещества, не прерывая процесса намагничивания (без отключения);
- осмотр рисунка, полученного на поверхности участка контроля (без намагничивающего устройства);
- оценка результатов контроля.

2) Параметры намагничивания (участки, схема, величина тока или величина поля, тип порошка или суспензии, вид и уровень освещенности и т.п.) указаны в ТКК.

е) Во всех случаях перед началом работ на контрольных образцах проверяется качество и соответствие порошков и суспензий.

ж) После МПК часто возникает необходимость в размагничивании объекта контроля, особенно при применении способа остаточной намагниченности (СОН). Размагничивание производится переменным током убывающей амплитуды. Универсальные магнитные дефектоскопы обладают данной функцией.

4.2.4.10 Осмотр и расшифровка результатов контроля

а) При осмотре участка контроля следует обеспечить его достаточную освещенность. При применении обычных порошков и суспензий используются лампы накаливания или люминесцентные лампы, освещенность должна быть не ниже 500 лк. При применении магнитолюминесцентных порошков и суспензий должны использоваться сертифицированные ультрафиолетовые облучатели, а само изделие должно быть затемнено (освещенность не более 20 лк).

б) Выявленная несплошность фиксируется на поверхности ОК валиком порошка - рисунок 4.55. Количество осажденного порошка (величина валика) зависит от размеров несплошности, величины полей рассеивания, величины намагничивания, свойств фиксирующего вещества и т.п.

Рисунок 4.55 - Фиксация выявленной несплошности на поверхности ОК валиком порошка

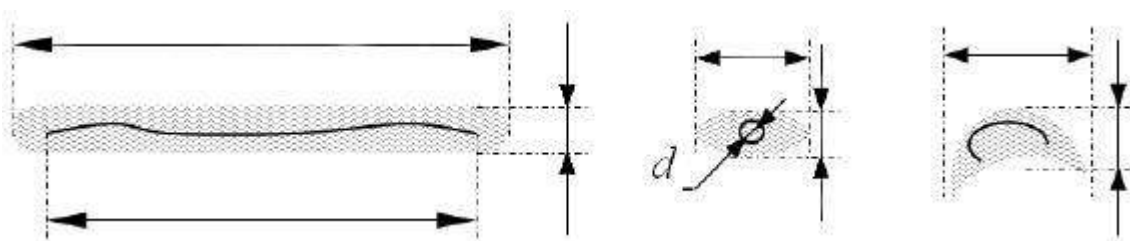


Рисунок 4.55

Размеры валика отражают размер несплошности, но не соответствуют ей по величине и форме.

в) Определение размеров несплошности и оценка её допустимости производится только по результатам визуального контроля с применением оптических приборов и мерительных инструментов и, при необходимости, после травления поверхности.

г) Нормы допустимости несплошностей соответствуют нормам визуального контроля и приводятся в настоящем СТО (раздел 7) и в соответствующей НД на конкретное изделие (технические условия, нормали и др.).

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

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

- по причине присутствия на изделии следов остаточной намагниченности, например: применение при подготовительных работах сильно намагниченного инструмента, соприкосновение с рабочим сварочным кабелем и т.п.

е) Рекомендуются следующие способы отличия ложных следов порошка:

- повторная обработка (зачистка) поверхности;

- многократное намагничивание сомнительного участка с полным удалением предыдущих следов порошка;

- изменение (в некоторых пределах) направления намагничивания;

- обследование участка поверхности под валиком порошка визуальным контролем и травлением.

ж) По результатам контроля оформляется учётно-отчётная документация

4.2.5 Капиллярный контроль

4.2.5.1 Общие положения

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

Общие требования и основные положения по капиллярному методу контроля изложены в [ГОСТ 18442](#).

а) Контроль проникающими веществами выявляет только поверхностные несплошности типа: трещин, в том числе сквозных, надрывов, закатов, небольших раковин, несплавлений, межкристаллитной

коррозии и т.п.

На контролируемую деталь наносят индикаторное вещество, которое под действием капиллярных сил проникает в несплошность. После последующего нанесения проявителя часть индикаторного вещества под действием сорбционных сил вытягивается проявителем и окрашивает его, что и является признаком несплошности - рисунок 4.56.

Рисунок 4.56 - Схема контроля



Рисунок 4.56 - Схема контроля

б) Выявление несплошности при контроле проникающими веществами может осуществляться различными способами, но в практике капиллярного контроля, применяемого на ТЭС, используются цветной метод и люминесцентный метод с использованием проявителей.

в) Капиллярный контроль может проводиться на различных деталях теплосилового оборудования ТЭС, изготовленных из любых материалов (стали любых классов, меди, алюминия и т.п.).

г) Капиллярному контролю подвергаются детали и элементы (объекты контроля - ОК), на поверхности которых в процессе изготовления, эксплуатации или ремонта могут образовываться поверхностные несплошности (в основном трещины):

- арматура (наружная и внутренняя поверхность);
- тройники (сварные, литые, кованные);
- колена (гнутые, литые, штампованные);
- конические переходы (литые, кованные);
- стыковые и угловые сварные швы;
- корпуса насосов и турбин;
- детали турбин (диски, роторы, лопатки),

- а также любые участки деталей, в местах вероятного появления поверхностных несплошностей.

4.2.5.2 Участок (группа) капиллярного контроля

а) Участок (группа) капиллярного контроля входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующими материалами и принадлежностями. Персонал, проводящий капиллярный контроль, должен быть обучен и аттестован в специализированных аттестационных центрах.

в) В приложении к "Свидетельству об аттестации" лаборатории (в перечне видов контроля) должен быть указан вид контроля проникающими веществами или именно капиллярный контроль (ПВК или КК) и перечислено оборудование ТЭС, на котором допускается его применение.

4.2.5.3 Технические средства и материалы для капиллярного контроля.

а) Дефектоскопы для КК представляют собой наборы из комплектов специальных веществ - реактивов и различных вспомогательных принадлежностей. В наборах для люминесцентного метода должен присутствовать ультрафиолетовый облучатель.

Стационарные дефектоскопы снабжены объемными ваннами для реактивов, штативами для ОК и осветителями различных типов (такие дефектоскопы в условиях ТЭС не используются).

б) Материалы для контроля делятся на проникающие и проявляющие вещества и на очищающие вещества, включая обтирочный материал.

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

г) Проявляющие вещества "проявители" состоят из сорбционного вещества и испаряемых (легколетучих) жидкостей.

д) Очищающие вещества являются растворителями жиров и "смывкой" для удаления пенетрантов.

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

е) Для капиллярного люминесцентного контроля требуются специальные сертифицированные ультрафиолетовые облучатели.

ж) Пенетранты, проявители и очистители (отечественные и зарубежные) производятся централизованно, отдельно или комплектами, в виде аэрозольных баллонов. Они должны иметь маркировку с указанием класса чувствительности и сопровождаться сертификатом соответствия.

Большинство реактивов изготавливаются на основе экологически безопасных веществ.

и) Соответствие и качество реактивов проверяются на аттестованных контрольных образцах.

Контрольные образцы представляют собой пластины из хромистой стали, в которых имеются поверхностные трещины. Наибольшее распространение получили образцы с азотированным поверхностным слоем. Трещины изготавливаются в азотированном слое во время его растрескивания при механическом воздействии (рисунок 4.57).

Рисунок 4.57 - Схемы образцов



Рисунок 4.57 - Схемы образцов

Точные размеры трещин определяются инструментальными микроскопами.

Контрольные образцы аттестуются по уровням чувствительности, исходя из размеров трещин.

Допускается использование контрольных образцов, предназначенных для магнитопорошкового контроля.

и) Контрольные образцы в процессе использования подлежат глубокой очистке (полости трещин) от следов пенетранта и периодической метрологической аттестации.

4.2.5.4 Параметры капиллярного контроля

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

Все эти факторы объединяются единой характеристикой контроля - чувствительностью.

б) В капиллярном контроле приняты пять условных уровней чувствительности, выраженные предельными размерами выявляемых несплошностей, приведенных в таблице 4.12.

Таблица 4.12

Условный класс (уровень) чувствительности	Ширина выявляемой несплошности, мкм
I	менее 1,0
II	от 1,0 до 10,0

III	от 10,0 до 100,0
IV	от 100,0 до 500,0
Технологический	не нормируется
Примечание - выявление неглубоких несплошностей с шириной раскрытия более 0,5 мм (500 мкм) не гарантируется.	

4.2.5.5 Подготовка к контролю

а) Работы по организации и подготовке оборудования к контролю возлагаются на техническое руководство ТЭС.

Технические службы ТЭС должны предоставить на объект контроля всю необходимую техническую документацию (п.4.1.17 настоящего раздела СТО).

б) Подготовка к контролю заключается в обеспечении условий безопасного его проведения и подготовке самого объекта контроля.

В производственных условиях необходимо обеспечить удобный и безопасный доступ к изделию. При необходимости, изготавливать леса и подмости.

в) Подготовка контролируемой поверхности ОК заключается в удалении изоляции и окалины, очистке от грязи и отложений. Для удаления грубых и глубоких рисок и открытия полости несплошностей поверхность контролируемого участка обрабатывается механическим способом (зачищается).

Шероховатость поверхности должна быть не ниже $R_z = 20$ мкм.

г) При механической обработке необходимо исключить возможность "затирки" устья несплошности и, при необходимости, проводить травление участка контроля.

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

е) Окружающая температура и влажность, а также температура ОК должны соответствовать рабочим диапазонам легколетучих реактивов (указывается в их документации или ТКК).

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

4.2.5.6 Выбор параметров и схем контроля

а) Основным параметром капиллярного контроля является чувствительность. Для контроля теплосилового оборудования ТЭС принят условный класс чувствительности "II", как наиболее

оптимальный, учитывающий характерные особенности эксплуатации и требования НД.

б) При капиллярном контроле на ТЭС в основном рекомендуются два метода:

- цветной, использующий пенетрант с красителем;
- люминесцентный, использующий пенетрант с люминофором.

Оба метода равнозначны, но люминесцентный требует особых условий освещения (ультрафиолетовых облучателей) и в практике считается более "грязным".

в) При люминесцентном методе иногда, в виде исключения, можно обходиться без проявителя.

4.2.5.7 Порядок проведения контроля

а) Капиллярный контроль тепломеханического оборудования ТЭС проводится по ТКК (технологическим процессам).

Карты контроля должны соответствовать требованиям НД, распространяющейся на данный объект контроля.

ТКК разрабатываются специалистами не ниже 2-го уровня квалификации и утверждаются руководителем службы контроля (лаборатории). Допускается использовать ТКК (процессы), разработанные специалистами сторонних специализированных организаций.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую основную информацию:

- описание ОК (конструкция, материал, типоразмер и т.п.);
- регламентируемый метод контроля (цветной или люминесцентный);
- рекомендации по типу используемых материалов (тип, марка применяемого вещества или комплекта);
- участки контроля (с эскизами);
- рекомендации и особенности контроля;
- требования к освещенности ОК (уровень освещенности, необходимость применения ультрафиолетовых облучателей);
- оценка результатов контроля (нормы допустимости).

ТКК могут составляться как на одну конкретную конструкцию, так и на группу однотипных изделий.

в) Перед началом контроля дефектоскопист должен "принять" изделие, то есть убедиться в качественной его подготовке и в отсутствии дефектов на поверхности. Контроль до устранения обнаруженных несоответствий не допускается.

г) Порядок проведения капиллярного контроля состоит из следующих последовательных операций:

- получение заявки на проведение контроля;
- ознакомление с технической документацией;
- определение параметров и технологии контроля (из ТКК, методик);
- прием ОК после подготовительных работ и визуального осмотра;
- проведение рабочего контроля;
- осмотр участка контроля;
- оценка результатов контроля в целом;
- составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

4.2.5.8 Технологии капиллярного контроля

а) Капиллярному контролю может быть подвергнут любой участок изделия или детали из любого непористого материала, подготовленного соответствующим образом (см. п.п.4.2.5.5).

б) Одна из основных задач технологии контроля заключается в определении мест возможного нахождения несплошностей. Такие сведения получают при анализе технологии изготовления и характера эксплуатации оборудования. На основании этих сведений определяются участки и составляются схемы контроля (в компетенцию дефектоскопистов не входит).

в) Контроль крупногабаритных изделий может проводиться значительными участками (до 1,0 м , более не рекомендуется из-за неудобства выполнения).

г) Для капиллярного контроля используются:

- очистители (растворители для тонкой очистки контролируемой поверхности);
- индикаторные пенетранты (проникающие вещества);
- проявители (белого цвета на основе каолина).

д) Процесс контроля включает следующие последовательные операции.

- 1) Производят проверку качества и соответствия пенетранта и проявителя на контрольных образцах.
- 2) Проводят окончательную очистку участка непосредственно перед контролем.

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

- 3) Наносят индикаторный пенетрант.

Пенетрант наносится на контролируемую поверхность обильным слоем с помощью аэрозольного баллона, кисти, малярного валика, распылителя и т.п. (рисунок 4.58).

Рисунок 4.58 - Нанесение пенетранта на контролируемую поверхность

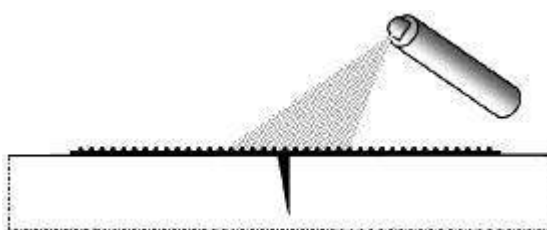


Рисунок 4.58

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

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

- 4) Удаляют пенетрант с контролируемой поверхности.

Пенетрант удаляется с помощью безворсового материала (ткани), смоченной в очистителе, либо распылением очистителя с последующей протиркой (рисунок 4.59).

Рисунок 4.59 - Удаление пенетранта



Рисунок 4.59

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

От качества удаления пенетранта зависит эффективность контроля. Остатки пенетранта на поверхности могут привести к ложной оценке (перебраковке), а вымывание его из несплошностей - к их пропуску (недобраковке).

5) Наносят проявитель.

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

Проявитель наносится тонким слоем, преимущественно за один проход. Подтеки и наплывы не допускаются (рисунок 4.60).

Рисунок 4.60 - Нанесение проявителя

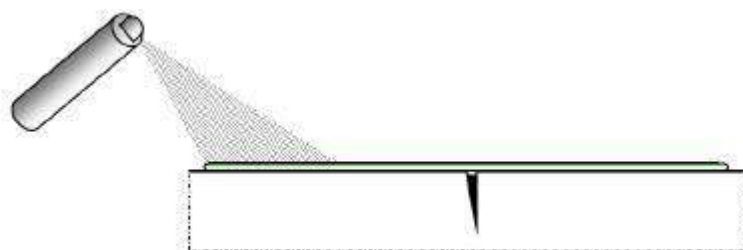


Рисунок 4.60

Сушка проявителя должна происходить естественным путем, допускается легкий обдув теплым воздухом (до плюс 40 °С).

4.2.5.9 Осмотр и расшифровка результатов контроля.

а) Для проведения качественного осмотра результатов контроля следует обеспечить необходимую освещенность контролируемого участка. При цветном капиллярном контроле используются лампы накаливания или люминесцентные лампы, освещенность должна быть не ниже 500 лк. При люминесцентном контроле должны использоваться сертифицированные ультрафиолетовые облучатели, а само изделие необходимо затемнить. Схема контроля условно показана на рисунке 4.61.

Рисунок 4.61 - Схема контроля



Рисунок 4.61

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

в) Осмотр контролируемого участка рекомендуется проводить в два приема:

- предварительный, от 3 до 5 минут, отмечая начальное появление индикаторных следов и наблюдая: объемный или протяженный характер имеет несплошность;

- окончательный (заключительный), от 15 до 20 минут после высыхания проявителя.

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

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

На рисунке 4.62 приведены примеры индикаторных следов от трещин и объемных несплошностей.

Рисунок 4.62 - Примеры индикаторных следов от трещин и объемных несплошностей

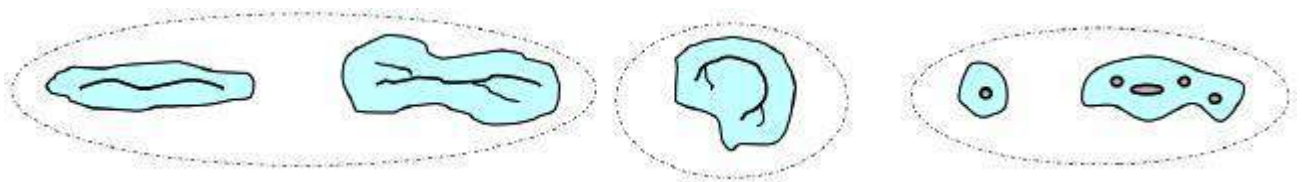


Рисунок 4.62

д) Из практики установлено, что индикаторный след примерно от трех до пяти раз превышает размер несплошности.

е) Условно индикаторные следы разделяются на протяженные и округлые.

При отношении длины следа к ширине более 3, индикаторный след считается протяженным (несплошность протяженная).

При отношении длины следа к ширине равном или менее 3, индикаторный след считается округлым (несплошность округлая).

ж) Определение фактических размеров несплошности и оценка её допустимости производятся только по результатам визуального контроля с применением оптических приборов и мерительных

инструментов, при необходимости, после травления поверхности.

и) Нормы допустимости несплошностей соответствуют нормам визуального контроля и приводятся в настоящем СТО (раздел 7) и в соответствующей НД (технические условия и др.).

к) При КК весьма вероятно ложная оценка изделия.

Индикаторный след может образовываться:

- из-за скопления пенетранта на неровностях поверхности, на глубоких рисках, на остатках окислы или лакокрасочных покрытий, на конструктивных особенностях изделия (например резьбе, канавках) и т.п.;

- по причине неполного удаления пенетранта с поверхности перед нанесением проявителя; при люминесцентном контроле это происходит значительно чаще.

Индикаторный след не образуется:

- из-за плохой подготовки ОК пенетрант не проникает в несплошность (устье полости закрыто, присутствуют жировые отложения);

- по причине вымывания пенетранта из полости несплошности в процессе удаления его с поверхности перед нанесением проявителя.

л) При сомнении в качестве результатов контроля его следует повторить после дополнительной обработки (зачистки) поверхности.

м) По результатам контроля оформляется учётно-отчетная документация.

4.2.6 Вихретоковый контроль

4.2.6.1 Общие положения.

Вихретоковый контроль (ВТК) относится к поверхностным методам контроля.

ВТК основан на измерении величины вихревого тока, возбуждаемого в поверхностном слое контролируемого изделия. Наличие поверхностной несплошности изменяет величину вихревого тока, что фиксируется измерительными устройствами и является признаком несплошности.

Вихретоковый метод используется на изделиях и деталях, изготовленных из металла (ферромагнитных и неферромагнитных сталей и сплавов, а также цветных металлов и сплавов) с удельной электрической проводимостью от 0,5 до 60 МСм/м.

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

Примечание - При благоприятных условиях (высокой электрической проводимости, значительной напряженности наводимого поля и т.п.), могут быть выявлены подповерхностные трещины на глубине до 5 мм.

а) Вихретоковому контролю подвергаются детали и элементы (объекты контроля - ОК), тепломеханического оборудования ТЭС на поверхности которых в процессе изготовления, эксплуатации или ремонта могут образовываться поверхностные несплошности (в основном трещины - см. п.п.4.2.5.1 г).

б) Особенно эффективно применение ВТК для выявления эксплуатационных поверхностных трещин на деталях проточной части турбин (на поверхности переходов, галтелей роторов, в тепловых канавках, на поверхности рабочих и направляющих лопаток и т.п.), в ограниченных пространствах и труднодоступных местах.

4.2.6.2 Участок (группа) вихретокового контроля

а) Участок (группа) вихретокового контроля входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующей аппаратурой и принадлежностями. Персонал, проводящий вихретоковый контроль, должен быть обучен и аттестован в установленном порядке.

в) В приложении к "Свидетельству об аттестации" лаборатории (в перечне видов контроля) должен быть указан вихретоковый контроль и перечислено оборудование ТЭС, на котором допускается его применение.

4.2.6.3 Аппаратура для вихретокового контроля

а) Вихретоковые дефектоскопы (отечественные и зарубежные) предназначены для работы с накладными преобразователями (различных размеров и конструкций).

б) Дефектоскопы имеют малые габариты, снабжены низковольтным автономным питанием. Дефектоскопы условно разделяются на универсальные и специальные.

Универсальные - позволяют работать (комплекуются) различными преобразователями и обладают различными дополнительными и сервисными режимами.

Специальные - предназначены для контроля какой-то конкретной детали или изделия, снабжены специализированным преобразователем, соответствующей оснасткой и приспособлениями (держателями, манипуляторами и т.п.).

Дефектоскопы различаются также по конструктивному исполнению измерительного устройства - индикатора. В более ранних и упрощенных конструкциях применяется стрелочный индикатор, имеющий большую инерционность при срабатывании и низкую механическую прочность. В современных и универсальных дефектоскопах применяются светодиодные или цифровые

индикаторы, не имеющие отмеченных недостатков.

в) Дефектоскопы комплектуются контрольными образцами различных конструкций, предназначенными для настроек и поверок. На поверхностях образцов должны присутствовать искусственные имитаторы трещин в виде узких канавок (пропилов) определенных размеров. Допускается, в качестве образцов, использовать контрольные образцы для магнитного или капиллярного контроля.

г) Вихретоковые дефектоскопы не являются измерительными приборами и не требуют периодической аттестации, но подвергаются обязательной поверке для подтверждения паспортных технических характеристик и оценки чувствительности контроля (величины выявляемых несплошностей).

4.2.6.4 Параметры вихретокового контроля

а) Основным параметром вихретокового контроля является чувствительность - возможность уверенно выявлять несплошности определенных (минимальных) размеров.

Чувствительность зависит от многих факторов, большинство из которых не поддается регулировке. В общем случае вихретоковый контроль позволяет выявлять трещины глубиной от 0,2 мм и длиной от 3,0 мм (при раскрытии более 1,0 мкм).

б) В основном чувствительность определяется:

- размером преобразователя: с увеличением размера преобразователя (катушки) увеличивается площадь контролируемого поля, а чувствительность контроля ухудшается;

- зазором между ОК и преобразователем: с увеличением зазора чувствительность падает;

- качеством поверхности сканирования ОК: при сложном профиле поверхности (наличие проточек, канавок, резких переходов, радиусов), при наличии отложений (окалины, грязи и т.п.), при повышенной шероховатости (более 20) - чувствительность ухудшается.

в) Рекомендуется в каждом конкретном случае применять эталонные образцы (образцы предприятия) изготовленные из контролируемого материала (лучше фрагмент изделия) с набором канавок различных размеров.

г) Вихретоковый метод не рекомендуется применять для контроля:

- деталей и конструкций с резкими локальными изменениями магнитных или электрических свойств;

- деталей и конструкций с электропроводящими защитными покрытиями, если дефект не разрушил поверхность покрытия;

- деталей с дефектами, полость которых заполнена электропроводящими частицами;

- сварных швов с неудалённым валиком усиления (выпуклостью).

4.2.6.5 Подготовка к контролю

а) Работы по организации и подготовке оборудования к контролю возлагаются на техническое руководство ТЭС.

Технические службы ТЭС должны предоставить на объект контроля всю необходимую техническую документацию:

- формуляры, чертежи, эскизы;
- сведения об условиях эксплуатации и информацию об ОК;
- результаты предшествующего контроля (ВИК, и т.п.).

б) Подготовка к контролю заключается в обеспечении возможности безопасного проведения контроля и в подготовке самого объекта контроля. В производственных условиях необходимо обеспечить удобный и безопасный доступ к изделию, при необходимости изготавливать леса и подмости.

в) Подготовка контролируемой поверхности ОК заключается в удалении окалины, очистке от грязи и отложений. Поверхность не должна иметь грубых и глубоких рисок и неровностей, шероховатость поверхности должна быть не хуже 20 мкм.

г) Допускается проводить контроль по окрашенной или покрытой лаком поверхности при условии, что слой покрытия на всем контролируемом участке сохраняет целостность, не имеет натеков и разрушений и по всему участку имеет постоянную толщину.

4.2.6.6 Порядок проведения контроля

а) Вихретоковый контроль проводится по "технологическим картам" контроля (ТКК).

Карты контроля должны соответствовать требованиям НД, распространяющейся на данный объект контроля.

ТКК разрабатываются специалистами не ниже 2 уровня квалификации и утверждаются руководителем службы контроля (лаборатории). Допускается использовать ТКК (процессы), разработанные специализированными организациями.

б) Технологическая карта контроля должна содержать следующую основную информацию:

- описание ОК (конструкция, материал, типоразмер и т.п.);
- участки контроля (чертеж, эскиз);
- тип и конструкцию преобразователя;

- способ и схемы сканирования;
- особенности настройки и контроля;
- оценку результатов контроля (нормы допустимости).

ТКК могут составляться как на одну конкретную конструкцию, так и на группу однотипных изделий.

в) Перед началом контроля дефектоскопист должен "принять" изделие, то есть убедиться в качественной его подготовке и в отсутствии видимых дефектов на поверхности.

г) Порядок проведения контроля состоит из следующих последовательных операций:

- получение заявки на проведение контроля;
- ознакомление с технической документацией;
- определение параметров и схем контроля (из ТКК, методик, инструкций);
- прием ОК после подготовительных работ и визуального осмотра;
- проведение контроля (сканирование и фиксация дефектных участков);
- оценка результатов контроля ОК в целом;
- составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

4.2.6.7 Требования к методике вихретокового контроля

а) Вихретоковому контролю может быть подвергнут любой участок изделия или детали, подготовленный соответствующим образом.

б) Для каждой детали или изделия составляются индивидуальные схемы сканирования с указанием участка контроля (в компетенцию дефектоскопистов не входит), для чего необходимо определить места возможного появления несплошностей, их конфигурацию и направление. Такие сведения получают при анализе технологии изготовления и характера эксплуатации оборудования.

в) При проведении вихретокового контроля следует учитывать что:

- основное направление сканирования объекта контроля должно быть направлено перпендикулярно предполагаемому расположению несплошности. При невозможности такого сканирования допускается сканирование под углом, но чувствительность при этом ухудшается;
- вертикальная ось преобразователя должна быть постоянно перпендикулярна поверхности ОК;

- шаг и скорость сканирования определяются конструкцией дефектоскопа и конструкцией (размерами) преобразователя;

- если технология предусматривает контроль бесконтактным способом, т.е. с зазором, величина данного зазора должна оставаться неизменной по всей площади контролируемого участка;

- из-за явления "краевого эффекта" зоны вблизи края детали, вокруг отверстий, радиусных переходов и иных подобных геометрических особенностей должны считаться зоной "неуверенного" контроля.

г) Основной операцией перед началом контроля является настройка дефектоскопа. Настройка производится по инструкциям производителя или разработчика дефектоскопа. Сущность настройки сводится к установке уровня "компенсации" и чувствительности дефектоскопа.

Преобразователь устанавливается на контрольный образец и регуляторами дефектоскопа проводится "компенсация" (балансировка) измерительных устройств на бездефектном участке образца - рисунок 4.63. Поместив преобразователь на искусственную трещину (канавку) определенного размера, настраивают чувствительность, добиваясь максимального показания измерителя - индикатора. При настройке чувствительности добиваются многократного и уверенного показания индикатора, исключая его ложное срабатывание, и сохранения установленного уровня компенсации.

Рисунок 4.63 - Настройка "компенсации" и чувствительности



Рисунок 4.63 - Настройка "компенсации" и чувствительности

д) Более точную дополнительную подстройку "компенсации" следует произвести непосредственно на участке ОК и, при необходимости, провести подстройку чувствительности.

Примечание - Рекомендации заводских инструкций по настройке вихретоковых дефектоскопов различных конструкций могут несколько отличаться от описанной.

е) Участок изделия, подлежащий контролю, должен быть размечен любым общепринятым способом (в виде координатной сетки, начальной точкой отсчета и т.п.)

ж) Контроль производится последовательным сканированием преобразователем контролируемого участка согласно установленной схеме (рисунок 4.64). Срабатывание индикатора сигнализирует о наличии и месторасположении несплошности. При значительной величине несплошности и малоразмерном преобразователе возможно ориентировочное определение границ несплошности.

Рисунок 4.64 - Схема вихретокового контроля

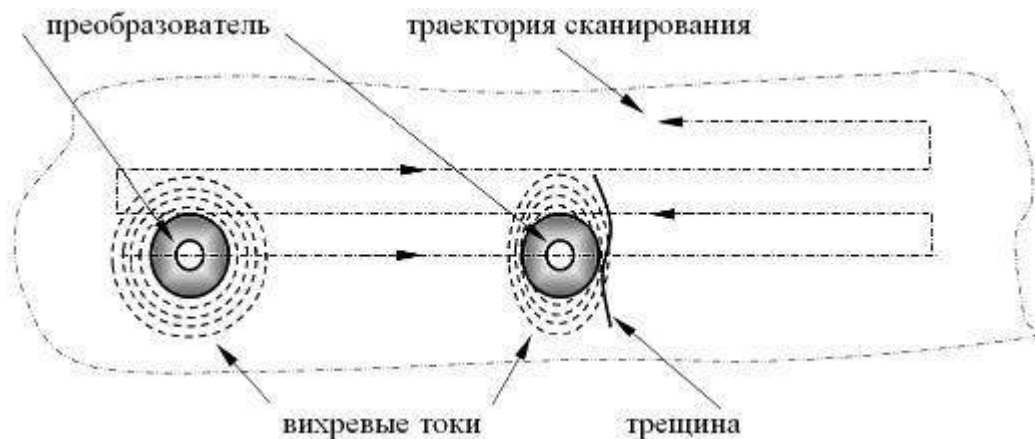


Рисунок 4.64 - Схема вихретокового контроля

4.2.6.8 Расшифровка результатов контроля

а) При срабатывании индикатора место предполагаемой несплошности должно быть отмечено (промаркировано). Для исключения ложной оценки срабатывание индикатора на отмеченном месте должно быть подтверждено неоднократной перепроверкой.

Примечание - Локальные изменения магнитных свойств, созданные наклепом, прижогами, местной намагниченностью, могут вызывать ложные срабатывания индикатора.

б) Окончательное подтверждение наличия несплошности и оценка её размеров и допустимости производятся **только** по результатам визуального контроля с применением оптических приборов и мерительных инструментов и, при необходимости, после травления поверхности.

в) Нормы допустимости несплошностей соответствуют нормам визуального контроля и определяются в соответствующей НД на изделие, а также регламентируются в разделе 7 настоящего СТО.

г) По результатам контроля оформляется учётно-отчетная документация.

4.2.7 Акустико-эмиссионный контроль

4.2.7.1 Общие положения

Основные положения и требования настоящего подраздела стандарта соответствуют [ГОСТ Р](#)

52727.

а) Метод акустической эмиссии (АЭ) обеспечивает выявление развивающихся дефектов посредством регистрации и анализа акустических волн, возникающих в процессе пластической деформации и роста трещин в контролируемых объектах. Кроме того, метод АЭ позволяет выявить истечение рабочего тела (жидкости или газа) через сквозные отверстия в контролируемом объекте.

б) АЭ контроль технического состояния обследуемых объектов (ОК) проводится только при создании в конструкции напряженного состояния, инициирующего в материале объекта работу источников АЭ. Для этого объект подвергается нагружению силой, давлением, температурным полем и т.д. Выбор вида нагрузки определяется конструкцией объекта и условиями его работы, характером испытаний.

в) При контроле оборудования используются три основные схемы применения акустико-эмиссионного метода:

- проводят АЭ контроль объекта. В случае выявления источников АЭ, в месте их расположения проводят контроль одним из традиционных методов неразрушающего контроля (НК);

- проводят контроль одним или несколькими методами НК. При обнаружении недопустимых (по нормам стандартизованных методов контроля) дефектов или при возникновении сомнения в достоверности результатов НК проводят контроль объекта с использованием метода АЭ. Окончательное решение о допуске объекта в эксплуатацию или ремонте обнаруженных дефектов принимают по результатам проведенного АЭ контроля;

- в случае наличия в объекте дефекта, выявленного одним из методов НК, метод АЭ используют для слежения за развитием этого дефекта. При этом может быть использован экономный вариант системы контроля, с применением одноканальной или многоканальной конфигурации акустико-эмиссионной аппаратуры.

г) АЭ система должна обеспечивать как накопление, документирование, оперативную обработку и отображение информации в режиме реального времени, так и обработку, отображение и вывод на периферийные устройства для документирования накопленных в течение испытания данных после окончания испытания.

д) АЭ контроль объектов может осуществлять организация, имеющая в своём составе аттестованную в установленном порядке лабораторию неразрушающего контроля. К проведению АЭ контроля допускаются аттестованные в установленном порядке специалисты, имеющие удостоверения, подтверждающие их квалификацию. АЭ контроль должна проводить бригада, состоящая не менее чем из двух специалистов.

4.2.7.2 Порядок подготовки к проведению контроля

а) Подготовка к контролю содержит следующие основные этапы:

- анализ технической документации на ОК;

- согласование с владельцем оборудования процедуры контроля;
- установка преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ);
- подготовка акустико-эмиссионной аппаратуры.

б) При подготовке к проведению АЭ контроля разрабатывается "Технология контроля объекта" или ТКК, в которой должна содержаться следующая информация:

- материал и конструкция контролируемого объекта, включая размеры и форму, тип хранимого (рабочего) продукта;
- данные о параметрах шумов;
- тип и параметры преобразователей АЭ, их изготовитель, сведения о калибровке;
- метод крепления преобразователей АЭ;
- контактная среда;
- очистка объекта после контроля;
- схема расположения преобразователей АЭ;
- тип прибора АЭ его параметры;
- результаты калибровки АЭ аппаратуры;
- регистрируемые данные и методы регистрации;
- система классификации источников АЭ и критерии оценки состояния контролируемого объекта по результатам контроля;
- квалификация операторов.

Данные об объекте контроля и основных параметрах контроля заносят в протокол.

Полностью описывают процедуру гидро- (пневмо) испытания; приводят графики изменения нагрузки и температуры во времени.

в) С эксплуатирующей организацией должны быть согласованы график нагружения, а также вопросы:

- обеспечения помещением, электропитанием, двусторонней связью;
- подготовки объекта к проведению контроля;

- обеспечения безопасности.

г) Установка ПАЭ

Каждый ПАЭ должен быть установлен непосредственно на поверхность объекта. В ряде случаев (недоступность поверхности, высокая температура и др.) рекомендуется использовать волноводы.

Размещение ПАЭ и количество антенных групп определяется конфигурацией объекта и максимальным разнесением ПАЭ, связанным с затуханием сигнала, точностью определения координат.

Размещение ПАЭ должно обеспечивать контроль требуемой поверхности контролируемого объекта.

Для выбора расстояния между ПАЭ производят измерение затухания, при этом выбирают представительную часть объекта без патрубков, проходов и т.д.; устанавливают ПАЭ и перемещают (через 0,5 м) имитаторы АЭ по линии в направлении от ПАЭ на расстояние до 3 м. Рекомендуется, чтобы минимальное расстояние от ПАЭ до имитатора (начальная точка) составляло до 5 см.

Расстояние между ПАЭ при использовании зонной локации задают таким образом, чтобы сигнал АЭ от имитатора (излома карандаша либо от другого имитатора АЭ) регистрировался в любом месте контролируемой зоны хотя бы одним ПАЭ и имел амплитуду не меньше заданной.

Максимальное расстояние между ПАЭ не должно превышать расстояния, которое в 1,5 раза больше порогового. Последнее определяют как расстояние, при котором амплитуда сигнала от имитатора АЭ (например, излома грифеля карандаша) равна пороговому напряжению.

д) Измерение скорости звука, используемое для расчета координат источников АЭ, производят следующим образом:

- имитатор АЭ располагают вне групп ПАЭ на линии, соединяющей ПАЭ, на расстоянии от 10 до 20 см от одного из них.

- проводя многократные измерения (не менее пяти) для разных пар ПАЭ, определяют среднее время распространения. По нему и известному расстоянию между ПАЭ вычисляют скорость распространения сигналов АЭ.

е) Подготовка акустико-эмиссионной аппаратуры:

- проверку работоспособности АЭ аппаратуры выполняют после установки ПАЭ на контролируемый объект, а также после проведения испытаний. Проверку выполняют путем возбуждения акустического сигнала имитатором АЭ, расположенным на определенном расстоянии от каждого ПАЭ;

- параметры системы устанавливают в соответствии с технической документацией на прибор и характеристик объекта контроля, полученных при проведении предварительных работ;

- в случае проведения гидроиспытания объекта все работы по определению акустических характеристик конструкции и настройке аппаратуры выполняют после полного заполнения объекта водой.

4.2.7.3 Порядок проведения контроля

а) АЭ контроль выполняют как в процессе нагружения объекта, так и в процессе мониторинга (непрерывный контроль, периодический контроль).

- в процессе АЭ контроля производят оперативное накопление и обработку данных;

- накопление данных производят после выделения параметров сигналов АЭ. При наличии цифровых регистраторов используется запоминание сигналов АЭ с целью последующего анализа АЭ процесса;

- информацию о зонах концентрации индикаций АЭ регистрируют и обрабатывают с использованием заложенных программ для построения предусмотренных графиков по каждой выделенной зоне и проведения классификации источников АЭ;

- после выполнения контроля объекта производят последующую обработку и анализ данных в полном объеме.

б) АЭ контроль в процессе нагрузки объекта производят как при увеличении нагрузки до определенной заранее выбранной величины, так и в процессе выдержки нагрузки на заданных уровнях:

- нагружение осуществляют с использованием специального оборудования, обеспечивающего повышение нагрузки - внутреннего (внешнего) давления, усилия, веса и др.

- нагружение выполняют по заданному графику, который определяет скорость нагружения, время выдержек объекта под нагрузкой и значения нагрузок.

- при нагружении объекта следует стремиться к тому, чтобы напряженно-деформированное состояние (НДС) объекта при испытании максимально соответствовало НДС объекта в процессе эксплуатации. При анализе следует учитывать разницу в НДС.

- допускается отклонение от типового графика нагружения с приведением в отчете необходимого обоснования.

- назначение максимального значения нагрузки (давления испытаний) должно проводиться с учетом характеристик материала, условий эксплуатации объекта контроля, температуры, а также предыстории его нагружения.

- при нагружении объекта контроля (например, сосуда давления) внутренним давлением,

максимальное его значение - (испытательное давление) должно превышать максимальное рабочее за последний год давление (эксплуатационную нагрузку согласно технологическому регламенту) не менее, чем от 5 до 10%, но не превышать пробного, определяемого по соответствующим НД.

- нагружение объектов должно проводиться плавно со скоростью, при которой не возникают помехи, превышающие допустимый уровень.

- рекомендуемые скорости повышения давления составляют: $\frac{1}{60} \cdot P_{\text{исп}} / 20$ [МПа/мин]; -
давление испытаний.

- в качестве нагружающих сред могут быть использованы жидкие (гидроиспытания) и газообразные (пневмоиспытания) испытательные среды, а также рабочая среда объекта.

- в случае проведения гидроиспытаний подача нагружающей жидкости должна производиться через патрубков, расположенный в нижней части объекта, ниже уровня жидкости, заполняющей объект.

- для уменьшения уровня шумов и помех во время проведения контроля должны быть приостановлены все посторонние работы на объекте контроля: сварочные, монтажные, такелажные и другие работы, вызывающие любого вида воздействия на объект контроля.

- при испытании вновь изготовленных объектов, которые не проходили термообработки после сварки, возможна регистрация АЭ, вызванная выравниванием напряжений и не связанная с развитием дефектов. Поэтому проводится два нагружения. При первом нагружении в процессе возрастания нагрузки, как правило, принимают во внимание только сигналы, амплитуда которых превышает уровень порога более чем на 20 дБ и сигналы, регистрируемые в течение выдержки.

- перед вторым нагружением сброс нагрузки после первого цикла должен быть от 50 до 100% испытательной нагрузки.

- в процессе нагружения рекомендуется непрерывно наблюдать на экране монитора обзорную картину АЭ источников испытываемого объекта.

- испытания прекращают досрочно в случаях, когда обнаруживается резкий рост активности источников или появление больших амплитуд сигналов АЭ для установления причины.

4.2.7.4 Оформление результатов измерений

а) Результаты АЭ контроля должны содержаться в отчетных документах - Протоколе или Заключении, которые составляются Исполнителем - организацией, проводившей АЭ контроль.

б) Отчет оформляется дополнительно по требованию Заказчика.

в) Отчет о результатах АЭ контроля должен содержать исчерпывающие данные о подготовке и проведении АЭ контроля, а также информацию, которая позволяет оценить состояние объекта и

подтвердить уровень квалификации Исполнителя и специалистов, проводивших контроль, на основании чего можно судить о достоверности результатов.

4.2.7.5 Требования к аппаратуре и оборудованию

а) К аппаратуре и оборудованию, используемому при выполнении АЭ контроля, относятся:

- ПАЭ с устройствами крепления и материалами для обеспечения акустической связи с объектом контроля;

- имитаторы сигналов АЭ;

- аппаратура, включающая вычислительные средства, предназначенная для регистрации, обработки, отображения и запоминания сигналов АЭ, использующая специализированное программное обеспечение;

- средства, обеспечивающие нагружение контролируемого объекта, обеспечивающие безопасность при выполнении работ и средства связи;

б) ПАЭ определяют основные показатели и параметры контроля - чувствительность, достоверность, рабочий частотный диапазон.

1) К основным техническим характеристикам преобразователей АЭ относится вид (конструктивный):

- однополюсный или дифференциальный;

- резонансный, широкополосный или полосовой;

- совмещенный с предусилителем (передатчиком) или не совмещенный; габаритные размеры;

- масса (кг), диапазон рабочих температур (°C);

- длина кабеля (расстояние уверенного приема при телеметрии, м);

- физическая емкость ПАЭ (Ф);

- сопротивление изоляции (безотказность, долговечность, сохраняемость), гарантийный срок (лет).

2) Основные технические характеристики должны быть приведены в паспорте на преобразователь АЭ.

3) По частотному диапазону ПАЭ подразделяются на типы:

- низкочастотные, с рабочей частотой до 50 кГц;

- стандартные промышленные, с рабочей частотой от 50 до 200 кГц;

- высокочастотные, с рабочей частотой свыше 500 кГц.

4) При контроле энергооборудования следует использовать ПАЭ четвертого класса, к которым относятся резонансные преобразователи, использующие пьезоэлектрические элементы, имеющие чувствительность, превышающую $200 \cdot 10^{-10}$ В/м.

5) Допускается использовать волноводы, которые должны быть приварены или соответствующим образом прижаты к поверхности конструкции.

6) ПАЭ следует крепить к объекту с использованием механических приспособлений, магнитных держателей, либо с помощью клея. Приспособления для установки преобразователей на объекте выбирают с учетом его конструктивных особенностей. Они могут быть съемными (магнитные держатели, струбцины, хомуты и т.п.) или в виде стационарно установленных кронштейнов.

7) При установке ПАЭ на объект контроля акустическая контактная среда должна обеспечивать эффективную акустическую связь ПАЭ с объектом.

8) Контактная среда должна обеспечивать надежный акустический контакт в течение всего времени испытаний при температуре контролируемого объекта.

9) В качестве контактной среды можно использовать машинное масло, эпоксидную смолу без отвердителя, глицерин и другие жидкие среды.

10) Поверхность объекта контроля в месте установки ПАЭ зачищают до чистоты не хуже 40.

11) После установки ПАЭ на объект контроля производят проверку их работоспособности с использованием имитаторов АЭ.

в) В качестве имитатора сигналов АЭ рекомендуется использовать пьезоэлектрический преобразователь, возбуждаемый электрическими импульсами от генератора. Частотный диапазон имитационного импульса должен соответствовать частотному диапазону системы контроля.

В качестве имитатора сигналов АЭ допускается также использовать источник Су-Нильсена (излом графитового стержня диаметром 0,3-0,5 мм, твердостью 2Т(2Н).

г) При АЭ-контроле следует применять аппаратуру АЭ, соответствующую по своей конфигурации и параметрам контролируемому объекту и задачам контроля.

К общим параметрам и техническим характеристикам аппаратуры АЭ относятся:

- напряжение электрического питания;

- потребляемая мощность;

- климатические и технические условия работы аппаратуры (влажность, температура и др.);
- масса аппаратуры;
- габаритные размеры аппаратуры и отдельных блоков;
- число блоков аппаратуры.

д) К основным параметрам и техническим характеристикам аппаратуры АЭ относятся:

- уровень собственных шумов усилительного тракта;
- амплитудный динамический диапазон;
- диапазон рабочих частот;
- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- максимальная скорость обработки импульсов АЭ;
- число каналов аппаратуры;
- перечень измеряемых параметров сигнала АЭ;
- перечень устанавливаемых параметров аппаратуры АЭ.

е) Требования к параметрам и техническим характеристикам аппаратуры акустической эмиссии приведены в соответствующей Нормативной документации, регламентирующей требования к акустикоэмиссионной аппаратуре.

4.2.8 Магнитный контроль тепловой неравномерности поверхностей нагрева пароперегревательного тракта котлов

4.2.8.1 Общие положения

а) Магнитный контроль тепловой неравномерности (МКТН):

- распространяется на котлы тепловых электрических станций, эксплуатирующиеся при температуре водяного пара 450 °С и выше;

- предназначен для выявления тепловой неравномерности поверхностей нагрева пароперегревательного тракта, изготовленных из углеродистой стали или из низколегированных теплоустойчивых сталей перлитного класса;

- не распространяется на поверхности нагрева, изготовленные из плавниковых и ошипованных

труб и из труб с плакирующим (наплавленным) слоем.

б) Допускается применение магнитного метода для контроля тепловой неравномерности поверхностей нагрева, не относящихся к пароперегревательному тракту.

в) Магнитный контроль тепловой неравномерности проводят специалисты, аттестованные в соответствии с правилами аттестации специалистов по неразрушающему контролю и прошедшие обучение в специализированной организации.

г) Основой магнитного контроля служит явление естественного намагничивания труб поверхностей нагрева при эксплуатации, получившее название температурный магнитный гистерезис (ТМГ).

д) Магнитный контроль базируется на явлении ТМГ без применения искусственного намагничивания труб.

е) Результаты магнитного контроля следует учитывать при разработке мероприятий для повышения эксплуатационной надежности и выборе мест для представительных вырезов с последующим металлографическим исследованием образцов труб для определения работоспособности, условий и срока дальнейшей эксплуатации поверхностей нагрева.

4.2.8.2 Требования к объекту контроля

а) Магнитный контроль поверхностей нагрева проводят в период останова оборудования.

б) Температура металла и окружающего воздуха в зоне контроля должна быть от 5 до 40 °С.

в) Наружная поверхность труб должна быть очищена водой от отложений и пыли по всей длине. Ширина подготовленной под контроль зоны должна составлять не менее половины периметра трубы. Допустимая толщина отложений не более 1 мм. Если толщина отложений составит больше 1 мм, то их следует удалить инструментами из неферромагнитных материалов (молоток, скребок и т.п. из латуни, дюралюминия, стали аустенитного класса).

г) Присутствие теплоносителя в трубах не оказывает влияние на результаты контроля.

д) Рабочее место для выполнения контроля должно быть освещено. При необходимости следует установить леса, помосты, лестницы и ограждения, располагая их не ближе 200 мм от объекта контроля. Контроль в труднодоступных местах и на высоте должна проводить бригада не менее чем из двух человек, либо в помощь специалисту должен быть выделен вспомогательный персонал.

е) При подготовке рабочего места запрещается касаться контролируемых труб ферромагнитными предметами.

ж) Во время магнитного контроля электродуговая сварка может вестись на удалении от зоны контроля не менее чем на 10 м.

з) Магнитный контроль не проводят на трубах заглушенных, новых и с ремонтными вставками, испытавших после монтажа или ремонта менее трех температурных циклов: нагревание до рабочих и охлаждение до комнатных температур (от 5 до 40 °С).

4.2.8.3 Требования к средствам контроля

а) Магнитный контроль следует проводить магнитометром с феррозондовым преобразователем для измерения нормальной составляющей вектора магнитной индукции или напряженности магнитного поля (в дальнейшем магнитный параметр), имеющим следующие технические данные:

- диапазон измерения магнитной индукции ± 2000 мкТ или напряженности магнитного поля ± 2000 А/м;

- относительная погрешность измерения не более 5%;

- автономное питание напряжением не выше 12 В.

б) Магнитометр должен быть рассчитан для работы в следующих климатических условиях:

- при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С;

- при относительной влажности окружающего воздуха до 98% при температуре +25 °С.

4.2.8.4 Подготовка к контролю

а) До начала магнитного контроля технические службы ТЭС должны предоставить на ОК необходимую техническую документацию, содержащую тип котла и его стационарный номер, вид сжигаемого топлива и водного режима, наименование поверхности нагрева, данные по температуре и давлению теплоносителя, зоны контроля (координат, номера хода и змеевика), номинальные размеры (диаметр и толщина стенки), количество и марку стали труб, наработку элемента.

Перед проведением контроля специалист по МКТН должен ознакомиться с конструкцией поверхности нагрева и документацией, в которой указаны сведения о повреждениях, заглушенные трубы, новые и с ремонтными вставками участки, результаты предшествующего контроля, а также количество пусков-остановов котла после последнего ремонта.

Следует также убедиться в отсутствии препятствий для проведения МКТН.

б) Магнитный контроль следует проводить на всех трубах поверхности нагрева по всей длине и высоте (ширине) обогреваемой зоны. Гнутые отводы труб должны быть включены в контролируемый участок. При горизонтальной ориентации поверхности нагрева в пространстве контроль проводят по всей длине труб, при вертикальной ориентации допускается проведение контроля в нижней части поверхности нагрева в зоне гнутых отводов. Если расположение очага повреждений известно, то контролируют только часть труб, например все трубы первых змеевиков пакетов на входе и (или) выходе или участок труб, при этом координаты участка каждой трубы должны быть идентичны.

в) Магнитный контроль не проводят на участках труб, находящихся на расстоянии менее 200 мм от труб других элементов, которые могут создать поле влияния на результаты измерений.

г) Магнитный контроль проводят продольным сканированием одной и той же образующей всех труб. Предпочтение следует отдать той образующей, сканирование которой позволяет пройти по внешнему обводу гнутого участка.

д) Перед магнитным контролем необходимо установить феррозондовый преобразователь к выбранной образующей по углом $90 \pm 1^\circ$, зазор между ним и поверхностью $1 \pm 0,2$ мм.

е) При сканировании допускается отклонение от выбранного направления $\pm 5^\circ$.

ж) Скорость сканирования должна быть такой, чтобы обеспечить надежную регистрацию максимального значения показаний магнитометра.

4.2.8.5 Проведение контроля

а) Магнитный контроль состоит из двух этапов. Сначала измеряют магнитный параметр труб поверхности нагрева, а затем проводят обработку и анализ данных измерений.

б) Магнитный параметр измеряют в указанной далее последовательности.

- включают магнитометр;

- сканируют контролируемый участок первой трубы (номер присваивают трубам в соответствии с формуляром);

- записывают в таблицу максимальное из измеренных абсолютных значений магнитного параметра для первой трубы;

- сканируют контролируемый участок второй трубы;

- записывают в таблицу максимальное из измеренных абсолютных значений магнитного параметра для второй трубы;

- повторяют для всех остальных труб цикл измерения и записи информации.

в) Обработку и анализ осуществляют в указанной далее последовательности:

1) Рассчитывают среднее магнитное состояние в каждой из сторон поверхности нагрева (например, в потоках "А" и "Б") по формуле:

$$H_{A,B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i, \quad (3)$$

где n - количество контролируемых труб поверхности нагрева в потоках "А" и "Б".

2) Определяют разность средних магнитных состояний поверхности нагрева в потоках "А" и "Б" по формуле

$$\Delta H = H_A - H_B \quad (4)$$

3) Рассчитывают тепловую неравномерность поверхности нагрева в градусах Цельсия по формуле

$$\Delta t = \frac{\Delta H}{2} \quad (5)$$

4) Проводят качественный анализ данных магнитного контроля поверхности нагрева. Тепловая неравномерность не выше допустимого уровня, если $\Delta t \leq 5$ °С. Тепловая неравномерность выше допустимого уровня, если $\Delta t > 5$ °С. В этом случае следует предложить соответствующим специалистам разработать и внедрить мероприятия по снижению тепловой неравномерности поверхности нагрева.

5) Представительные образцы следует вырезать из труб, имеющих максимальную наработку, минимальное, среднее (ближайшее к среднему магнитному состоянию) и максимальное (ближайшее к максимальному уровню) значение магнитного параметра.

6) Если ресурс металла труб с максимальным значением магнитного параметра исчерпан по результатам металлографических исследований, их следует заменить. Если ресурс металла труб со средним и максимальным значением магнитного параметра исчерпан, следует заменить всю поверхность нагрева.

4.2.8.6 Оформление результатов контроля

По результатам магнитного контроля тепловой неравномерности поверхности нагрева составляют заключение, форму которого устанавливает предприятие. В заключении отражают следующие сведения:

- название станции;
- тип котла и его стационарный номер;
- вид сжигаемого топлива и водного режима;
- наименование поверхности нагрева;
- температура и давление теплоносителя;
- зона контроля;
- номинальные размеры, количество и марка стали труб;

- наработка;

- образующая труб, вдоль которой проводилось сканирование;

- номера труб поврежденных и заглушенных, новых и с ремонтными вставками, не испытанных термоциклирование, а также труб, имеющих наработку меньше наработки поверхности нагрева;

- тип использованного магнитометра;

- результаты обработки и анализа магнитных измерений с указанием уровня тепловой неравномерности поверхности нагрева;

- номера труб для вырезки представительных образцов;

- дата проведения контроля, фамилия, имя, отчество и подпись специалиста, выполнившего магнитный контроль.

К заключению следует приложить формуляр поверхности нагрева и таблицы с данными магнитных измерений.

4.2.9 Измерение твёрдости металла

4.2.9.1 Общие положения

Контроль твердости металла переносными твердомерами непосредственно на объекте даёт возможность оперативной косвенной оценки прочностных характеристик металла элементов энергооборудования без их повреждения.

К стандартным методам измерения твердости металлов относятся измерения твердости по Бринеллю ([ГОСТ 9012](#)), по Виккерсу ([ГОСТ 2999](#)) и по Роквеллу ([ГОСТ 9013](#)).

Допускается применять полученные по Бринеллю или по Виккерсу значения твердости для косвенной оценки механических характеристик металла (,).

4.2.9.2 Аппаратура

В качестве испытательной аппаратуры для определения характеристик твердости допускается использовать переносные приборы механического, физического и физико-механического действия.

Прибор должен быть сертифицирован и поверен в установленном порядке.

Прибор должен обеспечивать необходимые для данного метода контроля параметры испытания.

Погрешность измерения твердости прибором не должна превышать $\pm 5\%$.

Применяемые в составе приборов механического типа (статического и динамического действия) инденторы, в частности стальные шарики, должны соответствовать по свойствам материала, геометрическим параметрам и качеству поверхности требованиям [ГОСТ 3722](#) и [ГОСТ 9012](#).

Размер отпечатка измеряют с помощью переносного микроскопа (лупы) с погрешностью не выше $\pm 0,02$ мм, если нет указаний о более высокой точности измерений.

4.2.9.3 Подготовка к контролю

Поверхность испытуемого объекта в зоне измерения твердости должна быть сухой, чистой и свободной от краски и окисной плёнки. При зачистке поверхности необходимо принять меры, исключающие изменение свойств металла из-за нагрева или наклёпа. Шероховатость поверхности после обработки должна соответствовать требованиям инструкции по эксплуатации прибора, но не должна превышать 1,25 мкм по [ГОСТ 2789](#). Линейный размер зачищенной и подготовленной под контроль площадки должен составлять не менее 10 мм, за исключением случаев измерения твёрдости на криволинейных поверхностях малого радиуса.

При измерении твердости с помощью прибора статического вдавливания толщина испытуемого изделия должна быть не менее 8-кратной глубины отпечатка при использовании сферического индентора или конуса и полуторкротной величины диагонали отпечатка при использовании четырёхгранной пирамиды. При использовании прибора динамического вдавливания толщина испытуемого изделия должна составлять не менее 10 мм.

При измерении твёрдости поверхностного слоя его толщина должна быть не менее 1,3 диаметра отпечатка.

При измерении твердости на криволинейных поверхностях радиус кривизны должен быть не менее 15 мм.

Погрешность приборов при проверке на образцовых мерах твердости должна составлять не более $\pm 3\%$.

Контроль твердости следует проводить при температуре металла, не выходящей за пределы от 0 до плюс 50 °С.

Расстояние между центрами двух соседних отпечатков при использовании приборов механического действия должно быть не менее 4 , а расстояние от центра отпечатка до края изделия не менее 2,5 (- диаметр или диагональ отпечатка).

Испытуемое изделие не должно смещаться при измерении твёрдости; должна отсутствовать вибрация изделия.

4.2.9.4 Проведение контроля

Процедура контроля твердости должна соответствовать требованиям нормативных документов на

данный метод и инструкции по эксплуатации прибора.

При измерении твёрдости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия должны соблюдаться требования [ГОСТ 22761](#).

При измерении твёрдости методом ударного отпечатка должны соблюдаться требования [ГОСТ 18661](#).

При использовании приборов механического действия необходимо обеспечить приложение действующего усилия перпендикулярно поверхности испытуемого изделия.

На каждой контрольной площадке должно быть проведено не менее трёх измерений. Величина твёрдости для каждой контрольной площадки определяется как среднеарифметическое значение результатов трёх измерений.

При измерении твёрдости механическим вдавливанием (статическим или динамическим), после снятия нагрузки проводят измерение диаметра (или диагонали) отпечатка. Диаметр (или диагональ) отпечатка измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют как среднеарифметическое этих двух измерений.

4.2.9.5 Обработка результатов

Обработка результатов измерений проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. Результаты измерений (показания прибора) переводятся в величины твёрдости по градуировочным (переводным) таблицам или по соответствующим формулам.

4.2.10 Металлографический контроль (анализ)

4.2.10.1 Отбор локальных проб (микровыборок) металла

а) Локальные пробы металла: сколы, спилы, срезы - исследуют в лабораторных условиях. Анализ структурного состояния металла на локальных пробах относится к неразрушающим методам контроля.

При отборе локальных проб необходимо предпринимать меры, предохраняющие их от чрезмерного нагрева и наклёпа.

б) Скол отбирают специально заточенным слесарным зубилом или крейцмесселем с поверхности элементов. Толщина стенки элемента в месте отбора скола должна быть не менее 7 мм. Максимальная глубина выемки от скола не должна превышать 2,5 мм, но не должна быть более 20% от толщины стенки элемента в месте отбора. При толщине стенки элементов более 30 мм допускается отбирать более массивные пробы и глубина выемки от скола может быть увеличена в этом случае до 5 мм, но не более чем до 10% от толщины стенки элемента.

Как правило, скол имеет конфигурацию продолговатой "лодочки". На сварных соединениях отбор скола допускается выполнять только при исследованиях на графитизацию. При отборе пробы в зонах

сварных соединений рекомендуется располагать скол в зоне термовлияния сварки, т.е. центральная продольная ось скола должна находиться на расстоянии от 2 до 4 мм от линии сплавления в сторону основного металла. Допускается располагать скол продольной осью перпендикулярно оси шва, при этом в объём отобранной пробы может входить как зона термовлияния сварки, так и металл шва, включая линию сплавления.

Если твёрдость металла элемента превышает 170 НВ для углеродистых сталей и 180 НВ для легированных сталей, оставшаяся после отбора пробы выемка должна быть зашлифована с плавным скруглением её краёв.

Не допускается отбирать скол из растянутой зоны гибов, а также на сварных соединениях из теплоустойчивых и жаропрочных сталей.

в) Отбор спилов или срезов выполняют механическим способом или методом электроэрозионной резки. Спил производят, как правило, шлифмашинкой с использованием отрезного камня. Учитывая, что при этом сложно технически обеспечить отбор существенно малой (толщиной меньшей или равной 2 мм) пробы без перегрева её центральной части, спил шлифовальным инструментом используется для отбора достаточно крупных образцов металла из габаритных литых корпусных деталей турбин. Допускается (в ряде случаев целесообразно) выполнять спил ручной ножовкой с долотом подпиленного фрагмента. Место и габариты вырезанной пробы определяются программой испытаний с учётом объёма планируемых исследований и требований сохранения работоспособности элемента. Спилов и срезов допускается выполнять на сварных соединениях, в том числе паропроводов из теплоустойчивых и жаропрочных сталей.

Наиболее прецизионный отбор (срез) микропробы выполняется способом электроэрозионной резки. Для этих целей рекомендуется использовать специальные технические устройства, дающие возможность вырезки микропробы металла заданного размера в намеченном месте.

Допускается вырезать микропробы существенно малых размеров (толщиной менее 2 мм) способом электроэрозионной резки из спинки (растянутой зоны) гибов и из концентраторов напряжений при условии, что нормативные требования по прочности данных элементов не будут нарушены.

г) Определение химического состава стали элементов оборудования (например, с целью идентификации марки стали) допускается проводить путём отбора стружки сверлом или шабером.

Стружка для химического анализа отбирается с предварительно зачищенной механическим способом поверхности металла. Взятая стружка должна быть светлой без следов пережога.

При отборе стружки засверловкой наносятся отверстия диаметром не более 6 мм для элементов с толщиной стенки до 20 мм и не более 10 мм для остальных элементов.

Глубина отверстий не должна превышать 25% от толщины стенки элемента, но не должна превышать 8 мм.

Расстояние между ближайшими кромками отверстий должно быть не менее 50 мм для элементов наружным диаметром до 100 мм, не менее 70 мм для элементов наружным диаметром до 150 мм и не

менее 100 мм - для остальных элементов. Отверстия не должны быть расположены в один ряд. Последний отрезок сверления рекомендуется проходить сверлом со скруглённой вершиной.

Для определения содержания четырёх-пяти элементов требуется не менее 10 г стружки.

Для определения химического состава на спектроанализаторе рекомендуется выполнить микровыборку металла сколом или срезом - см. абзацы б) и в) настоящего подпункта. Площадь контрольной поверхности отобранного микрообразца должна составлять примерно не менее 1 см².

4.2.10.2 Проведение металлографического анализа

Целью металлографического анализа является оценка состояния микроструктуры и (или) микроповрежденности металла от ползучести, графитизации, роста технологических дефектов и усталости исследуемого объекта.

а) Металлографический анализ неразрушающим методом проводится:

- изготовлением металлографических шлифов непосредственно на деталях паросилового оборудования с последующим просмотром и фотографированием структуры с помощью переносных мобильных металлографических микроскопов;

- методом отбора микровыборок (срезов, сколов), не нарушающих целостности детали, с последующим анализом в металлографических лабораториях, либо методом снятия реплик (оттисков) с подготовленного на изделии металлографического шлифа и последующего их анализа в металлографических лабораториях.

б) Переносные мобильные металлографические микроскопы должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

- осуществлять возможность крепления к объекту в любом положении (вертикальном, горизонтальном, потолочном);

- осуществлять грубую и точную фокусировку, а также сканирование в продольном и поперечном направлениях шлифов не менее ± 5 мм;

- время автономной работы должно составлять не менее 4 часов; масса микроскопа не должна превышать 3 кг;

- обеспечивать визуальное увеличение 100 и 500;

- поле зрения микроскопа при визуальном исследовании при увеличении 100 должно составлять не менее 1000 мкм, при увеличении 500 - не менее 250 мкм.

в) Выбор места, необходимость и периодичность применения конкретных неразрушающих методов металлографического анализа определяются в соответствии с требованиями настоящего стандарта к

проведению контроля и наблюдению за металлом энергооборудования в состоянии поставки и монтажа (входной контроль), в условиях эксплуатации (в периоды плановых, текущих, вынужденных и аварийных остановов), а также при проведении исследований по оценке остаточного ресурса этого оборудования.

Микровыборки для металлографического анализа отбирают на участках деталей паросилового оборудования, наиболее объективно отражающих воздействие условий эксплуатации на состояние микроструктуры металла, исходя из размеров, качества и формы детали, а также предполагаемого расположения, особенностей, изменений или дефектов структуры. Габариты микровыборок определяются техническими требованиями, предъявляемыми к контролю каждой единицы оборудования;

г) При исследовании металла контрольный участок выбирают в зоне наибольших напряжений, в частности, непосредственно в концентраторе напряжений.

Контролируемыми зонами исследуемых сварных соединений являются металл шва (МШ), зона термического влияния (ЗТВ) и основной металл (ОМ) примыкающих элементов. В ЗТВ исследованию подлежит мелкозернистая (номера 9-11 по [ГОСТ 5639](#)) разупрочнённая прослойка ЗТВРП, расположенная на расстоянии от 2 до 4 мм от края шва (зоны сплавления), а также околшовная зона ЗТВОЗ, примыкающая к шву (зоне сплавления).

д) Графитизацию в сварных соединениях и основном металле выявляют на микровыборках: сколах или срезах. Срез рекомендуется отбирать в виде лодочки методом электроэрозии поперек сварного соединения, включая сварной шов с обеими ЗТВ и примыкающими участками основного металла. Ввиду неоднородности процесса графитизации в различных участках сварного соединения для определения степени графитизации рекомендуется исследовать в контрольном стыке три образца, вырезанных по кольцу сварного соединения под углом 120°.

е) При обследовании металла паропроводов металлографический анализ неразрушающим методом проводят в растянутой зоне гибов, которой соответствует максимальный уровень напряжений, а также в ЗТВ сварных соединений. Выбор конкретных гибов и сварных соединений для проведения анализа осуществляется в соответствии с п.п. 5.6.3.4. д), 5.6.3.4. ж), 5.6.3.6. г) настоящего стандарта.

При обследовании высокотемпературных коллекторов (работающих при температуре свыше 450 °С) котлов металлографический контроль рекомендуется проводить на участке основного металла, расположенном в зоне межштуцерного пространства, и в ЗТВ сварных соединений: штуцерного соединения (с диаметром штуцера меньшим или равным 100 мм) или соединения приварки донышка к корпусу коллекторов.

При обследовании ротора высокого давления паровых турбин металлографический контроль проводят в наиболее высокотемпературной зоне первой ступени; конкретный участок для контроля выбирается специализированной организацией с учётом условий эксплуатации и результатов диагностирования.

ж) Процесс приготовления шлифа для металлографического анализа на участке поверхности элемента аналогичен процессу приготовления шлифов на вырезанных образцах.

Размеры шлифа при неразрушающем контроле на оборудовании должны иметь размер не менее 30 20 мм. Толщина удаляемого слоя металла при подготовке шлифа не должна превышать минусовых допусков, предусмотренных действующей НД (техническими условиями, нормами) на конкретную деталь. Подготовка шлифа проводится вручную, либо с применением электроинструментов в три стадии: грубое шлифование; тонкое шлифование; полирование.

Доводка шлифа для выявления микроструктуры проводится путем чередования однократного или многократного его химического травления и полирования. Требования к выполнению процедур травления и полирования шлифов для выявления конкретных составляющих микроструктуры различных сталей изложены в п.4.3.3. настоящего стандарта.

Доводка шлифа для выявления микроповрежденности металла порами ползучести проводится путем чередования многократного его химического травления и полирования.

и) При неразрушающем контроле для изучения микроповрежденности структуры порами ползучести конкретного элемента чаще всего используется метод реплик (оттисков).

Реплика накладывается на полностью подготовленный и протравленный шлиф, далее изучается при 100, 500 и 1000 кратных увеличениях микроскопа. Для реплик используются размягченные соответствующими растворителями твердеющие пластичные материалы или твердеющие жидкие растворы полимеров. Материалы для пластиковых реплик и их растворители приведены в Таблице 4.13.

Таблица 4.13

Материал	Общепринятые наименования	Растворитель
Ацетат целлюлозы	Бексоид	Ацетон
Поливинил	Формвар	Хлороформ, диоксан
Акриловая кислота	Бедакрил	Бензин, хлороформ, ацетон
Нитрат целлюлозы	Коллодий	Амилацетат, этилацетат
Полиметилметакрилат	Перспекс	Хлороформ, ацетон
Поливиниловый спирт	Люцит ПВС	Вода

к) Качество реплик в значительной степени зависит от подготовки поверхности и поэтому на ней не допускаются царапины, следы механической обработки и другие повреждения; поверхность должна быть зеркальной. Контроль готовой поверхности следует осуществлять с помощью переносного мобильного металлографического микроскопа при увеличении 100, либо увеличительного стекла.

Для увеличения отражательной способности прозрачных реплик перед просмотром на микроскопе их необходимо накрывать зеркалом (зеркальной поверхностью к реплике).

Хранение реплик осуществляется либо в бумажных конвертиках, закрепленных в альбомы, либо

между стеклянными пластинами. Срок хранения неограниченный.

4.2.11 Стилоскопирование

4.2.11.1 Общие положения

а) Стилоскопирование является разновидностью спектрального анализа (СА) или спектроскопии, широко используемого для определения химического состава вещества.

б) анализ расположения и характера линий в определенных областях спектра даёт возможность определить элементный состав материала (химический состав), а оценка их интенсивности - определить величину содержания отдельных элементов (марку материала) - рисунок 4.65.

Рисунок 4.65 - Расположение линий основных элементов в различных областях спектра

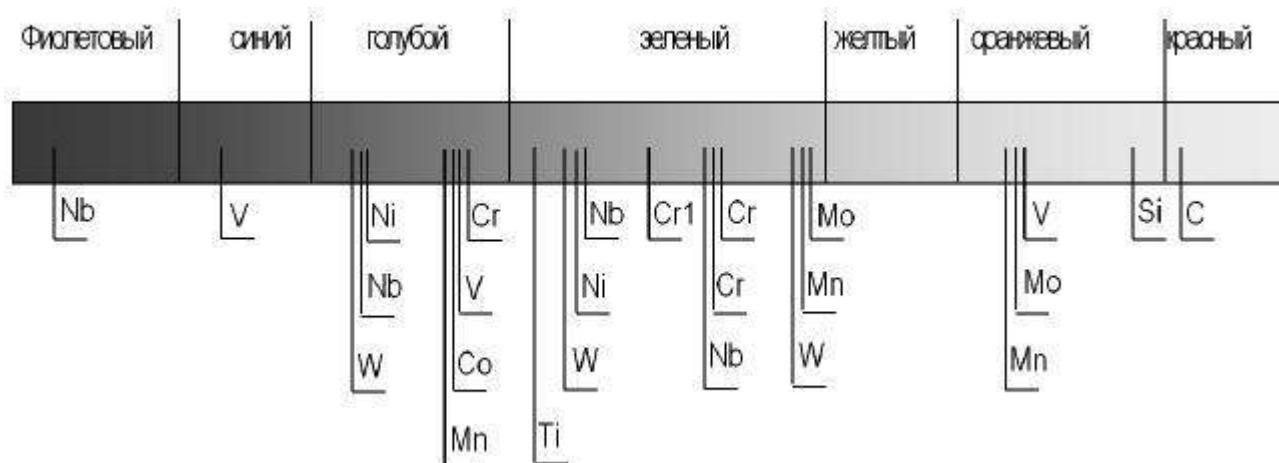


Рисунок 4.65 - Расположение линий основных элементов в различных областях спектра

в) Стилоскопирование применяется:

- при входном контроле оборудования (деталей, полуфабрикатов);
- при монтаже, ремонте и замене оборудования (узлов и деталей);
- при расследовании причин повреждений и аварий.

г) Стилоскопированию подвергаются:

- основной металл узлов, деталей, элементов, полуфабрикатов и т.п.;
- наплавленный металл сварных швов и наплавок;
- металл крепежа (шпилек, болтов, гаек и т.п.);

- металл деталей опорно-подвесной системы;

- сварочные материалы.

д) Конкретный перечень оборудования и объемы применения спектрального анализа задаются нормативно-технической документацией отдельно для каждого вида работ.

4.2.11.2 Участок (группа) спектрального анализа

а) Участок (группа) спектрального анализа входит в состав лаборатории неразрушающего контроля (лаборатории металлов).

б) Участок должен быть оснащен соответствующей аппаратурой и принадлежностями. Персонал, проводящий спектральный анализ, должен быть обучен и аттестован в установленном порядке.

в) Поскольку спектральный анализ отнесен к "оптическим" видам контроля, в приложении к свидетельству об аттестации лаборатории (в перечне видов контроля) должен быть указан спектральный анализ и перечислено оборудование ТЭС, на котором допускается его применение.

4.2.11.3 Аппаратура и принадлежности для спектрального анализа

а) Для проведения спектрального анализа используются стационарная и переносная аппаратура (спектрографы, стилоскопы).

Любая аппаратура включает два основных блока: электрический генератор дуги и искры, и оптическую систему. Спектрографы и стилоскопы устроены одинаково, но различаются функциональными возможностями и конструктивным исполнением.

Использование стационарных и переносных программируемых приборов "спектросканы" позволяет в автоматическом режиме проводить анализы химического состава вещества.

б) В условиях ТЭС используются малогабаритные стационарные стилоскопы (СЛ-11, "СПЕКТР") и переносные стилоскопы (СЛП-1, СЛП-2, СЛУ).

На стационарных стилоскопах, установленных в лабораториях, проводят анализ небольших деталей и проб (проволоки, стружки, сколов и т.п.).

Переносные стилоскопы имеют раздельное исполнение блоков (генератора и оптики), что позволяет использовать их в различных условиях ТЭС (в цехах, в труднодоступных местах и т.п.), а конструкция оптической системы обеспечивает удобство проведения анализа на небольших участках крупногабаритных изделий.

в) Стилоскопы комплектуются сменными железными и медными электродами. В процессе эксплуатации электроды обгорают, поэтому требуют зачистки и периодической замены.

Для анализа сталей, применяемых на ТЭС, используются медные (медь марки МІТ2) дисковые

электроды.

г) Основными дополнительными принадлежностями для проведения спектрального анализа являются:

1) атлас спектральных линий (с критериями оценки интенсивности линий), составленный на образцах из анализируемых марок сталей (на железной основе с медным электродом);

2) дисперсная кривая, поставляемая заводом-изготовителем для данного стилоскопа (по ней определяют длину волны спектральной линии, фиксируемой в окуляре стилоскопа, при определенном положении регулятора поворота диспергирующей призмы);

3) комплект образцов (рекомендуется) примененных на ТЭС марок сталей (подтвержденный химическим анализом), по которым можно проводить сравнительный спектральный анализ в сложных случаях.

д) Оптическая система стилоскопов требует аккуратного обращения и должна периодически подвергаться специальному обслуживанию (согласно Инструкции к стилоскопу).

4.2.11.4 Особенности проведения спектрального анализа с помощью стилоскопов

а) Для оценки интенсивности спектральных линий существуют два основных способа: фотометрический и визуальный. Фотометрический способ имеет несколько разновидностей от простейшего оптического клина до фотографического и фотоэлектрического. Визуальный способ наиболее простой, но менее точный.

б) В стилоскопах используется визуальный способ, при котором оценка интенсивности проводится путем прямого визуального сравнения спектральных линий (такой способ оценки зависит от опыта и качества зрения специалиста).

в) Спектральный анализ, проводимый стилоскопами, является качественным (определяется наличие - присутствие данного элемента в материале) и полуколичественным (содержание элемента определяется с точностью до 20%).

Поскольку стилоскопирование на ТЭС применяется, в основном, как контроль (подтверждение) соответствия регламентированных классов или марок сталей, такая точность анализа является допустимой.

4.2.11.5 Подготовка к проведению спектрального анализа

а) Технические службы ТЭС должны предоставить на объект анализа (ОА) всю необходимую техническую документацию:

- исполнительные схемы, сварочные формуляры, чертежи, эскизы;

- указание о проектных марках стали и сварочных материалах;

- результаты предшествующих анализов (спектрального, химического, заводской сертификат).

б) Подготовка к анализу заключается в обеспечении возможности безопасного его проведения, обеспечении электропитания и подготовки самого объекта анализа.

в) Подготовка ОА заключается в удалении изоляции, очистке от окалины, грязи и отложений. Участок для проведения анализа (не менее 20x20 мм) обрабатывается механическим способом (зачищается) до "чистого" металла. На участке не должно быть глубоких рисок и чешуйчатости; желательно, чтобы он имел плоскую поверхность.

г) Помимо участка для анализа, объект должен иметь подготовленный (зачищенный) участок для второго, "холодного" электрода.

Для стационарного стилоскопа месторасположение и размеры участка определяются формой и размерами ОА.

Для переносного стилоскопа месторасположение участка (не менее 10 мм) определяется формой ОА и удобством проведения анализа. У стилоскопов СЛП-1, СЛП-2, СЛУ расстояние между обоими участками составляет ~80 мм.

4.2.11.6 Технология проведения спектрального анализа

а) Перечень объектов и объемы спектрального анализа (стилоскопирования) задаются для каждой конкретной операции (входной контроль, ремонт и т.п.) соответствующей нормативной или технологической документацией.

б) Порядок проведения работ по стилоскопированию состоит из следующих последовательных операций:

- получение заявки на проведение анализа;
- ознакомление с технической документацией;
- прием ОА после подготовительных работ;
- проведение спектрального анализа;
- определение марки стали объекта;
- составление и оформление отчетной документации (протоколов, заключений).

в) Порядок включения, регулировка и настройка стилоскопа описаны в заводской инструкции и выполняются в соответствии с её рекомендациями.

г) Анализ может проводиться в двух основных режимах: дуги и искры (постоянным и переменным током). Для каждого элемента может быть рекомендован свой оптимальный режим. Порядок оценки интенсивности линий также может несколько меняться в зависимости от выбранного режима. В практике большинство анализов проводится в режиме дуги (постоянным током).

д) При анализе также очень важно выдержать временной режим горения дуги (искры). Так при слишком долгом горении, элемент может полностью испариться с поверхности участка анализа, а при недостаточном времени его пары могут не достичь необходимой концентрации.

Время горения дуги (искры), предшествующее непосредственно анализу, обычно указывается в атласе (~30 – 60 сек).

е) Анализ стали по отдельным элементам рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- V (ванадий);
- Mo (молибден);
- Mn (марганец);
- Cr (хром);
- Ni (никель);
- Ti (титан);
- W (вольфрам);
- Nb (ниобий);
- Co (кобальт);
- Si (кремний).

В зависимости от процентного содержания элемента, его линии могут находиться в различных областях спектра.

ж) Для удобства расшифровки и оценки интенсивности спектральных линий на окуляр стилоскопа проецируется не весь спектр, а только его небольшой фрагмент (область) - рисунок 4.66.

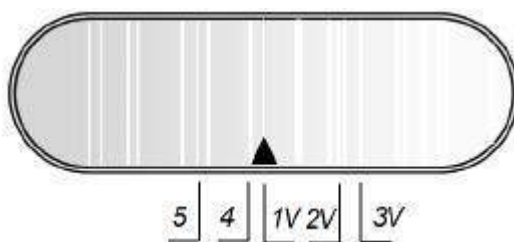


Рисунок 4.66 Сине-фиолетовая область с линией ванадия и линиями сравнения

и) Выбор необходимого фрагмента спектра (области) осуществляется с помощью регулятора поворота диспергирующей призмы, причем по показанию шкалы регулятора, используя дисперсную кривую, можно установить необходимую линию спектра (длину волны) точно против визира окуляра.

к) Интенсивность линий элемента в стилоскопе оценивается методом визуального сравнения (по яркости и толщине) со стабильными линиями железа следующими отношениями:

$1V \ll 5$ - много меньше; $1V < 5$ - меньше; $1V \approx 4$ равны и чуть больше, $2V=4$ - равны, и т.д.

Примечание - для облегчения процесса сравнения в стационарных стилоскопах имеется простейший оптический клин. В сложных случаях для сравнения рекомендуется использовать сертифицированные образцы сталей.

л) Примерный порядок выполнения спектрального анализа, включая обозначения и длины волн линий основных элементов и линий сравнения, критерии определения процентного содержания элементов в различных областях спектра и прочие рекомендации, приведены в Приложении Б.

м) Оценив присутствие и процентное содержание отдельных элементов, определяют марку стали по её химическому составу.

н) При определении только класса стали (углеродистая, легированная), можно ограничиться анализом нескольких характерных элементов.

п) При проведении стилоскопирования конкретных изделий следует руководствоваться следующим:

- трубы обязательно стилоскопируются с обоих концов;

- детали, имеющие шлифованную рабочую поверхность (лопатки турбин, зеркала тарелок арматуры, резьбовые участки крепежа и т.п.), стилоскопируются на участках, допускающих прижоги от дуги;

- сварные швы, выполненные двумя сварщиками, стилоскопируются со стороны каждого сварщика. Швы, выполненные одним сварщиком и одной партией электродов, стилоскопируются с одной позиции (указания по анализу наплавленного металла приведены в Таблице 4.14);

- сварочную проволоку стилоскопируют в форме пакета (скрутки), диаметром не менее 10 мм.

Проволоку в бухтах (мотках) стилоскопируют с обоих концов;

- пробы металла (сколы, спилы, фрагменты) для стилоскопирования должны иметь массу не менее 50 г, стружку прессуют в брикеты (диаметром 10 мм);

- сварочные электроды стилоскопируются в виде наплавки (высотой не менее 10 мм), произведенной на пластину из углеродистой стали; анализ выполняют согласно указаниям таблицы 4.14.

Таблица 4.14

Марка электрода	Сварочная проволока по ГОСТ	Результат анализа должен соответствовать
ТМЛ-1У	Св-08МХ	присутствие Мо и отсутствие V, содержание Cr не более 4%
ЦУ-2ХМ, ЦЛ-38	Св-08ХМ, Св-08ХМА-2, Св-08ХГСМА	то же
ЦЛ-20, ТМЛ-3У, ЦЛ-39, ЦЛ-45	Св-08ХМФА, Св-08ХМФА-2, Св-08ХГСМФА	присутствие Мо и V, отсутствие Nb, присутствие Mn не более 1%, содержание Cr не более 4%
ЦТ-26, ЦТ-26М	Св-04Х19Н11М3	отсутствие V, содержание: Cr 14-21%; Ni 7-12%; Mo 1,5-3%
ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т	-	содержание: Cr 16-19%; Ni 9-12%; Mo 2-3,1%; Mn 1,5-3%; V 0,3-0,75%
ЦТ-15, ЦТ-15К	Св-08Х19Н10Г2Б, Св-04Х20Н10Г2Б	содержание: Cr 16-24%; Ni 9-14%; Mn 1-2,5%; присутствие Ni
ЦЛ-25,03Л-6, ЗИО-8	Св-07Х25Н13	отсутствие: Mo, V, Ni, содержание: Cr 22-27%; Ni 11-14%
ЭА-395/9, ЦТ-10	Св-10Х16Н25АМ6	содержание: Cr 13-17%; Ni 23-27%; Mo 4,5-7%
ЦЛ-19	-	содержание: Cr 21-26%; Ni 91-14%; Mn 1,2-2,5%, присутствие Nb

п) При проведении спектрального анализа рекомендуется выполнять следующие условия:

- обеспечивать стабильность горения дуги (искры) путем выдерживания постоянного зазора между электродом и объектом;

- следить за правильной настройкой оптической системы стилоскопов, особенно переносных, защищать и своевременно очищать объектив от брызг металла;

- обеспечивать чистоту электрода от загрязнений путем его зачистки от нагара предыдущего анализа;

- при неуверенности в результатах анализа, его следует повторить после дополнительной обработки (зачистки) поверхности ОА и электрода, а также выполнить его на новом участке;

- для более мобильного использования переносных стилоскопов допускается в качестве источника дуги (вместо электрогенераторов) использовать стационарную сварочную разводку. При этом рекомендуется применять балластное сопротивление, ограничивающее ток дуги от 7 до 10 А.

р) По результатам спектрального анализа оформляется учетно-отчетная документация. Форма и содержание рабочих журналов и протоколов не регламентируются, но они должны соответствовать аналогичной документации, принятой в неразрушающем контроле.

В документации должны быть обязательно приведены следующие сведения:

- марка материала, предусмотренная проектом;
- подробные результаты анализа (процентное содержание каждого элемента);
- общая оценка результатов анализа.

с) С учётом качественного и полуколичественного характера анализа окончательная оценка результатов сводится к:

- определению соответствия анализируемой стали проектной;
- оценке класса стали (углеродистая, легированная и т.п.);
- определению типа марки стали (" сталь типа").

4.2.11.7 Рекомендации по безопасному проведению спектрального анализа

а) Генератор дуги подключен к сети напряжением 220 В, поэтому при работе со стилоскопом необходимо соблюдать Правила безопасной работы с энергоустановками.

Не допускается повреждения изоляции высокочастотного и питательных кабелей.

Работа стилоскопа без заземления не допускается.

б) При проведении анализа необходимо избегать прямого воздействия на глаза света дуги, при необходимости место анализа следует экранировать.

в) Во избежание ожогов не следует прикасаться к электродам стилоскопа и участку анализа непосредственно после работы.

г) При проведении анализа в закрытых помещениях следует предусмотреть наличие вентиляции для удаления продуктов горения дуги.

д) В связи с повышенным зрительным напряжением следует давать отдых глазам; после серии анализов следует делать перерывы. Не рекомендуется проводить за одну смену более 50 анализов.

4.3 Разрушающий контроль

4.3.1 Требования к проведению вырезок металла (отбору проб) и изготовлению образцов

4.3.1.1 Вырезка пробы

а) В необходимых случаях, оговоренных требованиями разделов 5 и 8 настоящего стандарта, проводятся исследования состояния металла оборудования на вырезках. При отборе проб должны быть обеспечены условия, предохраняющие их от влияния нагрева и наклёпа, или предусмотрены соответствующие припуски ([ГОСТ 7564](#)).

б) При отборе проб металла из пароперегревателей котлов места вырезок выбираются на основании результатов магнитного контроля (МКТН) и ультразвуковой толщинометрии. Из каждой контрольной зоны вырезают по одному - два образца. Вырезку рекомендуется проводить механическим способом. Допускается осуществлять вырезку огневым способом с последующим механическим удалением слоя металла от кромки реза шириной не менее 20 мм. Длина вырезанных проб после механической обработки должна составлять от 110 до 120 мм.

в) Вырезку пробы ("катушки") из трубопровода (паропровода) рекомендуется выполнять механическим способом. Допускается проводить вырезку огневым способом с применением электродуговой или газовой резки при условии последующего удаления механическим способом слоя металла от кромки реза шириной не менее 30 мм. Длина вырезки (пробы) после механической обработки должна составлять не менее 300 мм для трубопроводов с температурой эксплуатации выше 450 °С и не менее 200 мм - для остальных трубопроводов. Если вырезке подлежит сварное соединение, то сварной шов должен располагаться по центру вырезки (пробы).

Рекомендуется вырезать участок трубопровода, содержащий фрагменты прямой трубы игиба, включая их сварное соединение. Вырезаемая "катушка" должна быть предварительно замаркирована таким образом, чтобы при последующей механической обработке (разделке) была возможность идентификации металла прямой трубы игиба.

г) Вырезка пробы ("пробки") металла из барабана выполняется механическим способом. В случае, если технология вырезки предусматривает наличие в "пробке" центрального отверстия, должны быть соблюдены следующие рекомендации: диаметр центрального отверстия должен не превышать 15 мм, диаметр "пробки" должен быть около 90 мм. При отсутствии центрального отверстия в вырезаемой "пробке" рекомендуемый её диаметр составляет от 75 до 80 мм. Не рекомендуется производить вырезку "пробок" диаметром более 100 мм.

Место вырезки пробки обосновывается расчётом на прочность, при этом коэффициент прочности барабана с учётом вновь образованного за счёт вырезки отверстия не должен быть понижен относительно его проектного значения.

После вырезки "пробки" следует указать на чертеже развертки корпуса барабана (или формуляре)

размеры вырезанного отверстия и расстояния от центра этого отверстия до середины ближайшего сварного шва и центров ближайших трубных отверстий.

Перед вырезкой требуется на поверхности металла "пробки" обозначить продольную ось барабана (т.е. поперечное направление листа обечайки).

Вырезанная цилиндрическая "пробка" разрезается на несколько слоёв (дисков), количество которых зависит от толщины стенки обечайки барабана и составляет, как правило, от шести до восьми штук. Перед разрезкой пробки на слои рекомендуется отрезать от её края темплет по всей толщине (высоте) пробки, не задействованный для изготовления образцов.

д) Вырезка проб металла из литых корпусных деталей проводится механическим способом из наиболее высокотемпературных зон корпуса по специальным эскизам экспертной (специализированной) организации для оценки основных механических характеристик, определяющих надёжность детали и позволяющих прогнозировать её ресурс. Вырезка пробы из детали не должна снижать её ресурс. Дополнительно к вырезкам по эскизам рекомендуется производить отбор спилов в местах образования трещин. Поперечное сечение спила должно быть не меньше 20 мм .

Количество исследуемых зон и объём исследования структуры и свойств металла могут быть увеличены в связи с оставлением на литой детали трещин или наличием глубоких (более 70% толщины стенки) ремонтных подварок.

е) Технология вырезки и размеры проб металла из сосудов давления устанавливаются индивидуально для каждого конкретного типа сосуда в зависимости от его назначения, параметров эксплуатации, габаритных размеров и толщины стенки с учётом поставленной перед данным исследованием задачи.

4.3.1.2 Изготовление образцов

а) Вырезанные из труб пароперегревателей котлов пробы (патрубки) разрезаются каждая на токарном станке на несколько трубных отрезков - колец различной длины:

- кольцо длиной (высотой) 30 мм для исследования деформационной способности оксидной плёнки;

- кольцо высотой 20 – 22 мм для приготовления шлифа под металлографический анализ;

- кольцо высотой 40 мм для химического и карбидного анализа металла;

- кольцо высотой 10 – 15 мм для проведения тонких исследований (химического и фазового состава оксидной плёнки и т.д.).

На вырезанных пробах труб из аустенитных сталей химический и карбидный анализ не проводятся, в связи с чем общая длина пробы может быть уменьшена приблизительно до 40 мм.

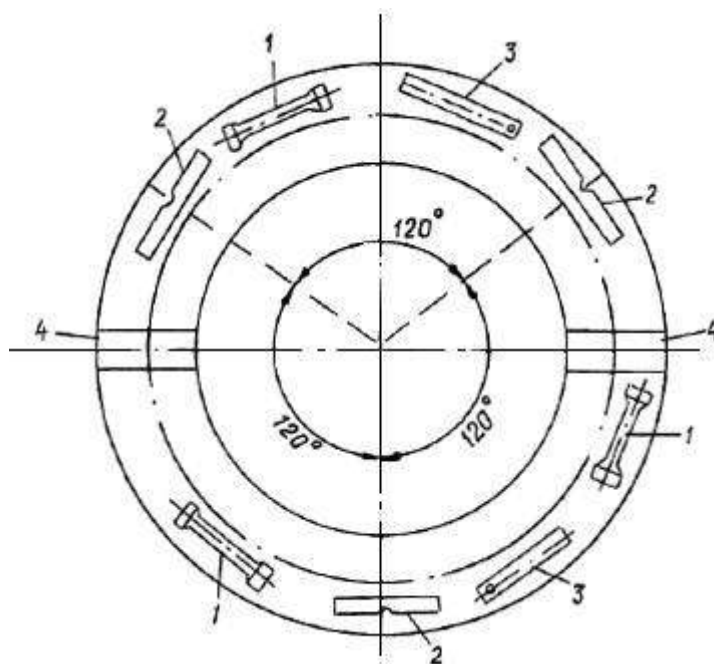
При необходимости проведения длительных испытаний на жаропрочность или механических

испытаний (последние проводятся, как правило, для пароперегревателей из углеродистых сталей) длина вырезанных проб должна быть увеличена соответственно длине и количеству лабораторных образцов или увеличено количество вырезаемых проб.

Образцы для механических и длительных испытаний вырезают вдоль оси трубы - сегментные образцы, при этом поверхностные слои металла остаются нетронутыми. Заусенцы на гранях образцов удаляют лёгкой запиловкой. Форма и размеры образцов для механических испытаний должны соответствовать требованиям [ГОСТ 10006](#) и [ГОСТ 19040](#).

б) Образцы для механических испытаний, вырезаемые из трубных заготовок (т.е. из проб, вырезанных из трубопроводов) следует размещать в тангенциальном (поперечном) направлении, т.е. по окружности сечения трубной заготовки - см. Рисунок 4.67. Образцы на длительную прочность, а также образцы для механических испытаний сварных соединений располагают вдоль оси трубной заготовки. При этом рекомендуется размещать поперечные и продольные образцы по возможности ближе к наружной поверхности трубной заготовки (рисунок 4.67).

Рисунок 4.67 - Схема вырезки образцов из трубы паропровода



1 и 2 - образцы для испытания соответственно на разрыв и удар; 3 - образец для карбидного анализа;
4 - образец для металлографического анализа

Рисунок 4.67 - Схема вырезки образцов из трубы паропровода

Образцы для механических испытаний и испытаний на длительную прочность, вырезаемые из заготовок центробежнолитых труб, следует размещать в зонах, максимально приближенных к внутренней поверхности трубы.

При исследовании металла вырезки гнутой части колена данная проба отбирается (вырезается) из

центральной части колена (гиба). В этом случае образцы для исследований как поперечные, так и продольные вырезают из половины пробы, соответствующей наружному обводугиба, т.е. включающей полностью растянутую зону и частично (до 50%) две нейтральные зоны.

Образцы для металлографических исследований, включая анализ микроструктуры и микроповреждённости металла, вырезаются на всю толщину стенки трубы (гиба), т.е. ограничиваются по торцам внутренней и наружной поверхностями трубы (рисунок 4.67).

В ударных образцах продольная ось надреза должна быть перпендикулярна поверхности трубы; при этом на образцах из деформированных (катаных) труб надрез следует располагать со стороны наружной поверхности, а на образцах из центробежнолитых труб - со стороны внутренней поверхности.

Ориентация образцов из сварных соединений должна удовлетворять требованиям [ГОСТ 6996](#).

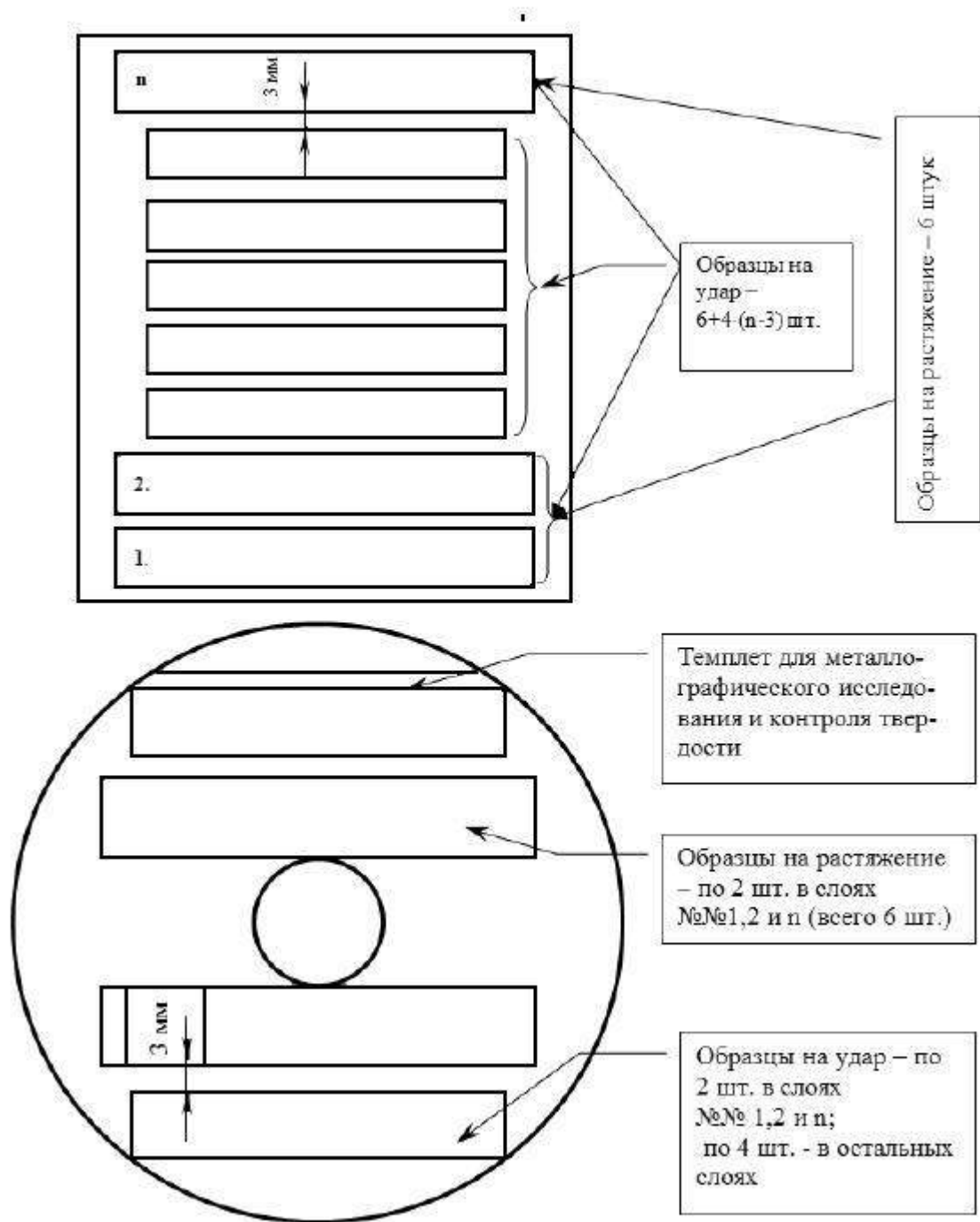
Типы и размеры образцов для испытаний на растяжение должны соответствовать требованиям [ГОСТ 1497](#) (при комнатной температуре) и [ГОСТ 9651](#) (при повышенных температурах).

Типы и размеры образцов для испытаний на ударный изгиб должны соответствовать [ГОСТ 9454](#) (для основного металла) и [ГОСТ 6996](#) (для сварных соединений).

Форма и размеры образцов для испытаний на длительную прочность должны соответствовать требованиям [ГОСТ 10145](#).

в) Каждый диск вырезанной из барабана пробы (см. п.п.4.3.1.1, г) разрезается на 4 заготовки образцов. При этом образцы на растяжение изготавливают из двух крайних (верхнего и нижнего) дисков, ограниченных один внутренней, другой наружной поверхностью барабана, и ещё одного диска, следующего за любым крайним - см. рисунок 4.68. Из каждого указанного диска вырезается по 2 образца на растяжение (рисунок 4.68) и кроме того по 2 образца на ударный изгиб. Остальные, расположенные во внутренней части пробы, диски используются для изготовления только ударных образцов (рисунок 4.68). При отсутствии центрального отверстия в "пробке" возможны иные варианты раскрытия заготовки на образцы; необходимым требованием при этом остаётся вырезка разрывных образцов из краевых слоёв "пробки".

рисунок 4.68 - Схема разрезки "пробки" диаметром 90 мм с отверстием диаметром от 10 мм до 15 мм



- количество дисков, полученное из пробы

Рисунок 4.68 - Схема разрезки "пробки" 90 мм с отверстием 10 15 мм

Продольные оси образцов располагают параллельно продольной оси барабана. Продольные оси надрезов для ударных образцов располагают перпендикулярно поверхности барабана.

Типы и размеры образцов на растяжение должны удовлетворять требованиям [ГОСТ 1497](#) и [ГОСТ 9651](#), а образцов на ударный изгиб - [ГОСТ 9454](#).

г) Вырезка образцов из проб, отобранных из сосудов или корпусных деталей турбин, проводится с учётом размеров (в том числе толщины) пробы и конкретных задач планируемого исследования. При этом должны быть соблюдены следующие общие условия:

- продольные оси образцов, вырезанных из листа или из отливки, должны быть ориентированы параллельно наружной поверхности, при этом для проб из листа продольные оси образцов должны быть перпендикулярны направлению проката;

- продольная ось надреза ударных образцов должна быть перпендикулярна поверхности изделия;

- образцы из сварных соединений вырезают перпендикулярно оси шва; ориентация и расположение образцов должны удовлетворять требованиям [ГОСТ 6996](#).

4.3.2 Исследование макроструктуры

4.3.2.1 Макроскопическому исследованию структуры и особенностей строения металлов, сплавов и сварных соединений, наблюдаемых либо невооруженным глазом, либо при небольших (от 10 до 30 раз) увеличениях, подвергают: поверхности неразрушенных изделий; макрошлифы; изломы.

Поверхности неразрушенных изделий исследуются для выявления дефектов металлургического и технологического происхождения (газовых пузырей, включений различной химической природы, раковин и пор) после зачистки поверхностей до металлического блеска.

Макрошлифы, подготовка которых ограничивается стадией тонкого шлифования, используются для выявления пустот, раковин, газовых пузырей в нетравленном состоянии. Для выявления макроструктуры литого и деформированного металла, ликвационных неоднородностей, трещин, надрывов, несплавлений, расслоений и пористости применяется травление макрошлифов специальными реактивами.

Изломы, полученные непосредственно при разрушении деталей в процессе эксплуатации или при испытании специальных образцов, используются: для установления причин разрушения; оценки качества термической обработки и литья; изучения структуры поверхности изломов.

4.3.2.2 Оценка результатов исследования макроструктуры проводится по действующим стандартам и шкалам соответствующей нормативной и производственно технологической документации (технические условия и др.) на изготовление конкретных изделий:

- оценка макроструктуры металла (в том числе литого) проводится по [ГОСТ 10243](#) и [ГОСТ 22838](#);

- оценка макроструктуры металла центробежнолитых (ЦБЛ) труб из стали 15X1M1Ф проводится на темплетях по всему поперечному сечению стенок труб для фиксирования ликвационной полосчатости и визуального выявления макронесплошностей технологического происхождения по "Шкале повышенной травимости металла центробежнолитых труб" и шкале "Недопустимые дефекты центробежнолитых труб" технических условий на изготовление указанных труб;

- требования к макроструктуре регламентированы стандартами и техническими условиями на

изготовление конкретной продукции.

4.3.3 Исследование микроструктуры

4.3.3.1 Исследование микроструктуры металла проводится для: выявления неметаллических включений, определения размеров зерна и рекристаллизации; оценки наличия и распределения фаз, их ориентации и изменений в зависимости от технологии изготовления и воздействия условий эксплуатации; изучения формы и природы отдельных кристаллитов; выявления особенностей возникновения и распространения повреждений. Качественный анализ микроструктуры проводят на шлифах при увеличениях от 50 до 1500 крат с помощью оптических микроскопов.

4.3.3.2 Для идентификации неметаллических включений необходимо стравливание поверхностного наклепанного слоя и повторная полировка шлифа с применением тонких алмазных паст. Последующее изучение строения и цвета включений на просмотренных и отобранных полях проводится при увеличениях от 250 до 500 крат.

4.3.3.3 Для выявления распределения графита в микроструктуре основного металла и зон сварных соединений трубопроводов, работающих при температуре выше 400 °С и изготовленных из углеродистых сталей и сталей, содержащих до 0,50% молибдена, применяется травление слабыми (2%) растворами азотной или пикриновой кислот в этиловом спирте. Во избежание выкрашивания графита и искажения картины распределения и характера выделения графита из-за окисления при травлении граничащих с ним слоев металла применяют кратковременную пассивирующую полировку с добавлением слабых щелочных растворов.

При контроле состояния металла трубопроводов на наличие структурно свободного графита в первую очередь контролируют сварные соединения труб и места приварки арматуры и других деталей, так как в сталях, склонных к графитизации, графит в процессе эксплуатации наиболее часто выделяется в ЗТВ сварки.

Выделение графита (если оно произошло) обнаруживается на нетравленных полированных шлифах при 100–500-кратных увеличениях в виде отдельных глобулей. При более высоких степенях графитизации графит выделяется в виде цепочек и сегрегаций в узкой полосе по внешней части ЗТВ сварки. Сильная степень графитизации при визуальном контроле зачищенных под ультразвуковой контроль сварных соединений обнаруживается в виде сеток поверхностных трещин.

4.3.3.4 Микроструктуру металлов определяют на шлифах, подвергнутых электролитическому или химическому травлению в специальных растворах.

Продолжительность травления шлифа отобранного образца зависит от: марки стали; длительности эксплуатации; остаточных напряжений в металле; режимов термообработки. Признаком протравленности углеродистых и легированных сталей является потускнение полированного шлифа под воздействием раствора. Продолжительность травления подбирают опытным путем, последовательно просматривая травленный в течение разного времени шлиф под микроскопом.

4.3.3.5 Для выявления ряда структур жаропрочных сталей перлитного, мартенситного, мартенситно-ферритного классов и аустенитных нержавеющей сталей, а также выявления феррита в легированных

сталях после эксплуатации, требуется многократная полировка с травлением.

Для получения чистой травленной поверхности предварительную и конечную обработку образца проводят чистым этиловым спиртом.

4.3.3.6 Для выявления границ зерен и составляющих структуры (феррита, перлита, бейнита, мартенсита, аустенита, карбидов, сигма-фазы) проводят травление с применением специальных реактивов.

4.3.3.7 Для определения процентного содержания сигма-фазы в объеме металла труб из стали 12X18H12T применяют метод Глаголевой, используя окуляр с квадратной сеткой для подсчета частиц, или наносят квадратную сетку на микрофотографии с 1000-кратным увеличением.

Процентное содержание сигма-фазы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{N}{k \cdot n} \cdot 100, \quad (6)$$

где N - количество узловых точек сетки;

k - количество узлов в сетке;

n - количество подсчитанных полей.

Для достоверной оценки содержания сигма-фазы в металле просматривают не менее 50 полей зрения микроскопа.

4.3.3.8 Микроструктурный анализ металла ЦБЛ труб из стали 15X1M1Ф проводится на шлифах поперечного сечения стенок труб как в зонах с нормальным структурным состоянием, так и в ликвационной зоне, примыкающей к внутренней поверхности трубы, для выявления степени развития ликвационной структуры и фиксирования микродефектов технологического происхождения.

4.3.3.9 Оценка результатов исследования микроструктуры проводится по действующим государственным стандартам, Шкалам технических условий на изготовление и Шкалам настоящего стандарта для конкретных изделий:

- загрязненность металла неметаллическими включениями оценивают при 100-кратном увеличении микроскопа по [ГОСТ 1778](#);

- загрязненность неметаллическими включениями ЦБЛ труб из стали 15X1M1Ф оценивают при 100-кратном увеличении микроскопа по "Шкале неметаллических включений в центробежнолитом металле" технических условий на изготовление труб;

- стадию процесса графитизации в основном металле и сварных соединениях трубопроводов, работающих при температуре выше 400 °С и изготовленных из углеродистых сталей и сталей, содержащих до 0,50% молибдена, оценивают при 500-кратном увеличении микроскопа, по "Шкале

графитизации" настоящего стандарта (Приложение В);

- оценку размера зерна проводят по [ГОСТ 5639](#);

- исходные составляющие микроструктуры, наличие которых обусловлено способом производства и не зависит от параметров эксплуатации, оценивают по эталонам микроструктур [ГОСТ 8233](#);

- оценку ликвационной микроструктуры металла ЦБЛ труб проводят при увеличениях 100 и 500 крат микроскопа по "Шкале ликвационных микроструктур металла центробежнолитых труб из стали 15X1M1Ф" настоящего стандарта (Приложение Г).

4.3.3.10 Изменения в микроструктуре, обусловленные изготовлением и эксплуатацией того или иного оборудования, оценивают по следующим стандартам:

- углеродистые стали перлитного класса - [ГОСТ 5639](#), [ГОСТ 5640](#), [ГОСТ 1763](#);

- легированные теплоустойчивые стали - [ГОСТ 5640](#), [ГОСТ 1763](#);

- высоколегированные, коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали - [ГОСТ 5639](#), [ГОСТ 10243](#), [ГОСТ 24030](#), [ГОСТ 22838](#), ГОСТ 11.878;

- сварные соединения - [ГОСТ 5639](#), [ГОСТ 5640](#), [ГОСТ 1763](#), [ГОСТ 8233](#), ГОСТ 11.878*.

* Вероятно ошибка оригинала. Следует читать: [ГОСТ 11878-66](#) . - Примечание изготовителя базы данных.

4.3.3.11 Оценку стадии процесса сфероидизации перлита углеродистых и низколегированных сталей, обусловленного эксплуатацией, проводят при 1000-кратном увеличении микроскопа по "Шкале сфероидизации перлита в углеродистых и легированных сталях" настоящего стандарта (Приложение Д).

4.3.3.12 Структурные изменения ЗТВ сварных соединений паропроводов из сталей 12X1MФ и 15X1M1Ф, обусловленные эксплуатацией, оценивают при увеличениях 100 и от 500 до 1000 крат микроскопа по Шкале "Классификации структурных изменений металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 12X1MФ при ползучести. Металл шва 09X1MФ" настоящего стандарта (Приложение Е) и Шкале "Классификация структурных изменений металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 15X1M1Ф при ползучести, металл шва 09X1MФ" настоящего стандарта (Приложение Ж).

4.3.4 Исследование микроповрежденности структуры

4.3.4.1 Для выявления микроповрежденности порами ползучести основного металла и зон сварных соединений паропроводов и элементов другого оборудования, изготовленных из сталей перлитного класса, применяется многократная полировка и травление вырезанного образца.

На образце чередование травления и полирования проводят до выявления пор при увеличениях

микроскопа от 500 до 1000 крат. Для получения чистой травленной поверхности предварительную и конечную обработку образца проводят чистым этиловым спиртом.

4.3.4.2 Участками исследования микроповрежденности прямых труб и гибов паропроводов служит их наружная и внутренняя поверхность в зонах наибольшего уровня напряжений.

Участком исследования микроповрежденности сварных соединений служит металл шва, ЗТВ и основной металл. В ЗТВ исследованию подлежит мелкозернистая (номера 9-11 б по [ГОСТ 5639](#)) разупрочнённая прослойка металла ЗТВ, расположенная на расстоянии от 2 до 4 мм от зоны сплавления. Мелкозернистую прослойку металла ЗТВ рекомендуется выявлять предварительно при 100 кратном увеличении, исследование микроповрежденности ЗТВ проводят при увеличениях от 500 до 1000 крат.

4.3.4.3 Участками исследования микроповрежденности на образцах поперечного сечения стенок ЦБЛ труб из стали 15X1M1Ф служит как зона металла с основной структурой, так и зона металла с ликвационной структурой, примыкающая к внутренней поверхности трубы.

4.3.4.4 Объёмная доля пор, т.е. доля площади, занимаемой порами на образце (или реплике), рассчитывается по формуле:

$$\Delta V = \frac{V_i}{V} = \frac{S_i}{S} = \frac{\pi}{4 \cdot S_F} \cdot \sum_{i=1}^N p_i \cdot D_i^2, \quad (7)$$

где V_i - объем пор;

V - объем металла;

S_i - доля площади шлифа, занятая порами;

S - площадь поверхности образца или реплики;

S_F - исследуемая площадь образца или реплики;

N - количество пор;

$p_i = d_i/D_i$ - коэффициент сферичности отдельной поры;

d_i и D_i - максимальный и минимальный размер поры соответственно.

4.3.4.5 Оценку стадии микроповрежденности металла порами ползучести для сталей перлитного класса проводят:

- основного металла труб (гибов) - по "Шкале микроповрежденности сталей перлитного класса"

настоящего стандарта (Приложение И);

- основного металла ЦБЛ труб из стали 15Х1М1Ф - по "Шкале микроповрежденности металла центробежнолитых труб из стали 15Х1М1Ф" настоящего стандарта (Приложение К);

- ЗТВ сварных соединений - по Шкале "Классификации микроповрежденности металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ при ползучести. Металл шва 09Х1МФ" настоящего стандарта (Приложение Л) и Шкале "Классификации микроповрежденности металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 15Х1М1Ф при ползучести. Металл шва 09Х1МФ" настоящего стандарта (Приложение М).

4.3.5 Определение механических свойств материалов (механические испытания)

К основным механическим свойствам материалов относятся прочностные характеристики, пластические характеристики, твердость, ударная вязкость и другие.

Механические свойства определяются по результатам механических и технологических испытаний.

4.3.5.1 Испытания на растяжение при комнатной температуре (20) °С.

а) Требования к методам статических испытаний на растяжение металлов и изделий из них (кроме труб, проволоки и ленты из листов толщиной менее 3,0 мм) при температуре (20) °С регламентируются [ГОСТ 1497](#).

б) Основные требования к порядку вырезки заготовок для образцов изложены в п.4.3.1. настоящего подраздела стандарта. При вырезке заготовок для образцов следует предусмотреть необходимые припуски на механическую обработку для получения образцов требуемых размеров.

в) Типы и размеры пропорциональных цилиндрических и плоских образцов приведены в [ГОСТ 1497](#). Форма, размеры изготавливаемых образцов и их количество определяются программой исследования с учётом максимально полного решения поставленных перед исследованием задач и возможностей (нередко ограниченных) по объёму вырезанной пробы. При этом учитываются также возможности располагаемой испытательной техники, в том числе способ крепления образцов в захватах испытательной машины.

Требования к качеству изготовления образцов изложены в [ГОСТ 1497](#).

г) Испытания проводят на разрывных и универсальных испытательных машинах всех систем (механических, электромеханических, гидравлических, сервогидравлических и др.) при условии их соответствия требованиям [ГОСТ 28840](#).

Погрешность измерительных средств должна соответствовать требованиям действующих в этой части стандартов.

д) Подготовку и проведение испытаний, а также обработку их результатов выполняют в соответствии с требованиями [ГОСТ 1497](#).

Основными характеристиками механических свойств металла, определяемыми при статических испытаниях на растяжение, являются:

- предел текучести физический или условный;
- временное сопротивление разрыву (предел прочности);
- относительное равномерное удлинение;
- относительное удлинение после разрыва;
- относительное сужение поперечного сечения после разрыва.

По результатам испытаний составляют протокол.

4.3.5.2 Испытания на растяжение при повышенных температурах

Требования к методам статических испытаний на растяжение металлов (кроме проволоки и труб) при температурах от 20 до 1200 °С изложены [ГОСТ 9651](#).

Типы и размеры пропорциональных цилиндрических и плоских образцов приведены в [ГОСТ 9651](#). Качество изготовления образцов, в том числе их предельные отклонения в размерах, должны соответствовать требованиям [ГОСТ 1497](#).

Требования к испытательным машинам и средствам измерения - аналогичны п.п.4.3.5.1г) настоящего пункта стандарта. Требования к размещению и характеристикам нагревательных устройств, а также к термопарам, регулирующим и регистрирующим приборам должны соответствовать [ГОСТ 9651](#) и другим, действующим в этой части, стандартам.

Требования по подготовке к испытаниям и к проведению испытаний в части поддержания и измерения заданной температуры должны соответствовать [ГОСТ 9651](#), в остальной части - [ГОСТ 1497](#).

Требования к обработке результатов - в соответствии [ГОСТ 1497](#). По результатам испытаний составляют протокол.