Изображение государственного Герба Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Контроль неразрушающий**

**ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ**

**СТ РК ISO/TS 25107**

*(**ISO/TS 25107:2019* Non-destructive testing – NDT training syllabuses*, IDT)*

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Астана**

**Предисловие**

**1 ПОДГТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан от \_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

**3** Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO/TS 25107:2019 Non-destructive testing – NDT training syllabuses (Контроль неразрушающий. Программы профессиональной подготовки по неразрушающему контролю)

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 135/SC 7 «Квалификация персонала»

Перевод с английского языка (en)

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого подготовлен (разработан) настоящий стандарт, и на которые даны ссылки, имеются в Едином государственном фонде нормативных технических документов

Сведения о соответствии стандарта (межгосударственному) ссылочному международному стандарту, приведены в дополнительном приложении В.А.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

**4** В настоящем стандарте реализованы нормы Закона Республики Казахстан от 5 октября 2018 года № 183-VІ ЗРК «О стандартизации»

**5** **ВВЕДЕН ВЗАМЕН** СТ РК ISO/TR 25107-2012 «Контроль неразрушающий. Руководство по программам подготовки персонала в области неразрушающего контроля»

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации», а текст изменений и поправок – в периодически издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном каталоге «Национальные стандарты».*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**Введение**

Непременным условием развития услуг в области методов неразрушающего контроля (НК) является овладение персоналом НК необходимыми основополагающими техническими знаниями. Не располагая обоснованным представлением о том, какими техническими знаниями изначально обладает персонал, применяющий соответствующие методы, невозможно предпринимать какие-либо шаги по должному развитию услуг в области НК.

Значение неразрушающего контроля

Неразрушающий контроль вносит существенный вклад в обеспечение безопасности, развитие экономики и экологическое благополучие нашего общества.

Неразрушающий контроль является единственным возможным видом контроля, когда объект контроля не может быть разрушен, либо модифицирован, либо деградировать в процессе испытаний. Такие требования обычно применяются к объектам, подлежащим дальнейшему использованию после проведения контроля. Это, например, детали систем безопасности, трубопроводы, силовые установки, а также строительные конструкции, подвергающиеся контролю в процессе эксплуатации, и даже уникальные объекты археологии и культуры.

В основе НК лежат физические явления, происходящие на поверхности или во внутренней структуре объекта контроля. Часто требуется проводить расшифровку результатов контроля для получения пригодных результатов; иногда приходится комбинировать различные методы НК или проверять полученные результаты другими методами контроля.

Персонал НК и профессиональная этика

Персонал НК несет ответственность не только перед работодателем или подрядчиком, но и в отношении соблюдения требований добросовестного исполнения своих трудовых обязанностей. Результаты контроля, полученные персоналом НК, не увязываются и не ставятся в зависимость от процесса производства – в противном случае они не будут вызывать доверия. Персонал НК осознает значимость поставленной подписи и понимает, к каким последствиям для безопасности и здоровья людей и окружающей среды приводят недостоверные результаты контроля.

Таким образом, персонал НК несет ответственность за все расшифровки результатов контроля, под которыми поставлена его/ее подпись и никогда не подписывает протоколы контроля, если их содержание выходит за пределы полномочий, определенных выданным ему/ей сертификатом.

В Приложении В приводятся номера стандартов, которые могут представлять интерес в плане применения положений, изложенных в настоящем стандарте.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Контроль неразрушающий**

**ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ**

**Дата введения**

1 Область применения

В настоящем стандарте, разработанном с целью обеспечения гармонизации и поддержания общего стандарта подготовки персонала неразрушающего контроля (НК) для нужд промышленности, содержатся требования и рекомендации для программ подготовки по НК.

Настоящий стандарт устанавливает минимальные требования для эффективной структурированной системы подготовки персонала НК, что должно обеспечить допуск персонала к квалификационным экзаменам, результатом чего станет возможность сертификации персонала третьей стороной в соответствии с общепризнанными стандартами. В дополнение к общим положениям НК, настоящий документ определяет направления разработки программ подготовки по акустико-эмиссионному, вихретоковому методам контроля, контролю герметичности, магнитному контролю, контролю проникающими веществами (капиллярный контроль), радиографическому, ультразвуковому, визуальному, тепловому и тензометрическому контролю.

Требования и рекомендации для образовательных организаций, осуществляющих подготовку в области НК, содержатся в стандарте ISO/TS 25108.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы по стандартизации. Для датированных ссылок применяют только указанное издание. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

ISO 9712 Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel (Неразрушающий контроль. Квалификация и сертификация персонала НК).

3 Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения.

3.1 Настройка: набор операций, выполняемых на измерительной системе с целью обеспечить выдачу системой надлежащих показаний, соответствующих заданным значениям измеряемой величины.

Примечание - Виды настройки измерительной системы включают настройку нуля измерительной системы, настройку смещения и настройку диапазона (иногда называемую настройкой усиления).

4 Общие положения

4.1 Подготовка персонала НК

Программы подготовки сами по себе не являются гарантией того, что обучающийся приобретет компетентности, позволяющие ему демонстрировать надлежащие технические знания. Как это нередко бывает, в одной и той же группе есть обучающиеся, добивающиеся отличных результатов, в то время как другие обучающиеся оказываются неспособными освоить программу. Стандарт ISO 9712 устанавливает минимальные требования к подготовке кандидатов, обладающих достаточными навыками и предварительными знаниями. В противном случае им потребуется пройти дополнительную подготовку, в программу которой рекомендуется включить:

а) для уровней 1, 2 и 3 – математику;

b) для уровней 1, 2 и 3 – материаловедение и технологические процессы;

c) для уровня 3 – общий курс базовых знаний, применяемых при использовании всех методов НК.

Согласно стандарту ISO 9712, для прямого доступа к экзаменам на уровень 2 требуется, чтобы общая продолжительность подготовки соответствовала продолжительности по уровням 1 и 2, а для прямого доступа к уровню 3 требуется продолжительность подготовки, указанная для уровня 1, уровня 2 и уровня 3.

Стандарт ISO 9712 также предоставляет возможность сокращения продолжительности подготовки для кандидатов, претендующих на получение сертификата по более, чем одному методу, либо обладающих определенными документами об образовании по предметам, смежным с НК. Таким образом, при разработке своей программы подготовки образовательным организациям рекомендуется внедрять программы подготовки, исходя из условий, в которых проводится подготовка, и принимая во внимание конкретный сектор (продукции/производственный) и разработанные или применяемые общепринятые специализированные курсы по всем методам НК.

4.2 Уровни компетентности

В соответствии со стандартом ISO 9712 используется трехуровневая схема для определения уровней компетентности, определяющих требуемую глубину знаний и понимания предмета, а также способность к практическому применению материала.

Уровень 1

— Владеть общими знаниями в тематических областях.

— Идентифицировать оборудование и вспомогательные средства.

— Идентифицировать, какими общепризнанными документами руководствоваться в работе.

— Оценивать применимость и соответствие материала.

— Демонстрировать понимание материала путем выполнения работ по контролю в соответствии с инструкцией. Уровень 2

— Иметь четкое понимание концепций и принципов.

— Совершенствовать системные понятийные и всесторонние технические знания.

— Повышать результативность практического применения знаний методик.

— Знать и понимать содержание общепризнанных документов, которыми руководствуются в работе.

— Стать профессионалом в применении знаний на практике.

— Применять принципы и способы контроля к ситуациям контроля.

— Анализировать информацию и делать предварительные выводы. Уровень 3

— Иметь глубокое понимание концепций и принципов.

— Углублять всесторонние технические знания методик.

— Быть профессионалом в применении знаний на практике.

— Квалифицированно пользоваться документами, которыми руководствуются в работе.

— Анализировать информацию и делать выводы.

— Применять принципы и способы контроля к новым ситуациям контроля.

Примечание - В тех случаях, когда в [Таблицах с 1](#bookmark5) по [21](#bookmark34) темы/учебные предметы/содержание учебного курса отмечаются как обязательные для изучения представителями различных уровней компетентности, это означает, что на каждом более высоком уровне требуется их более глубокое изучение.

4.3 Общие вопросы защиты окружающей среды и безопасности

4.3.1 Неразрушающий контроль часто применяется в условиях, в которых безопасность оператора находится под угрозой, или когда применение конкретного метода или способа НК само по себе может представлять угрозу для безопасности оператора, а также тех, кто оказывается рядом.

По этой причине изучение охраны труда должно быть важнейшим элементом любой программы подготовки персонала НК. Подготовка по данной учебной дисциплине должна иметь продолжительность, соответствующую ее значимости, и проводилась как дополнение к технической подготовке, непосредственно относящейся к конкретному методу НК.

4.3.2 Подготовке по радиографическому контролю должна предшествовать дополнительная подготовка по курсу радиационной безопасности.

4.3.3 Общие вопросы охраны труда включают следующие вопросы, но не ограничиваются только ими:

— условия окружающей среды (жара, холод, влажность);

— токсичность (материалов НК, контролируемой продукции, атмосферы);

— радиационная безопасность (материалов НК, продукции);

— электробезопасность (оборудование НК, смертельно опасные напряжения, электромагнитная совместимость технических средств);

— вероятность травмирования персонала (высотные работы либо работа в опасных условиях окружающей среды);

— средства индивидуальной защиты (спецодежда, радиационные дозиметры);

— безопасность при испытаниях давлением.

5 Радиографический контроль (РК) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark6)одготовка по курсу радиографического контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 1](#bookmark5) и [2](#bookmark6).

Таблица 1 - Общее содержание

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 5.1 Вводный курс по терминологии и истории радиографического контроля (РК) | 3 | 1 | 1 |
| 5.2 Физические принципы метода и связанные с ним знания | 15 | 10 | 15 |
| 5.3 Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 15 | 15 | 20 |
| 5.4 Оборудование | 25 | 20 | 25 |
| 5.5 Предварительная информация по контролю | 5 | 8 | 5 |
| 5.6 Проведение контроля | 30 | 25 | 2,5 |
| 5.7 Оценка и отчетность | 5 | 10 | 7,5 |
| 5.8 Оценка | 0 | 5 | 10 |
| 5.9 Аспекты качества | 2 | 5 | 8 |
| 5.10 Разработки | 0 | 1 | 6 |

Примечание - [Приложение А](#bookmark37) содержит рекомендации по организации процесса подготовки по применению перспективных способов в радиографии.

**Таблица 2 — Радиографический контроль (РК) – Уровни 1, 2 и 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 5.1  Вводный курс по терминологии и истории радиографического контроля (РК) | История |  | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Какова цель НК? | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Кто может проводить НК? | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Основные методы НК | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Назначение радиографического контроля (РК) | Определение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Возможность применения и ограничения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Терминология | Электромагнитное излучение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Энергия | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Доза | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Мощность дозы | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Длина волны | X | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Интенсивность | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Постоянная мощность дозы | X | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Активность | X | X | X | X | X | X |  |  | X |
|  | Соответствующие стандарты | См. Приложение В |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| 5.2  Физические принципы метода и связанные с ним знания  Понятия, необходимые для понимания физических ­принципов радиографического контроля (физика, математика) могут быть предметом изучения на предварительном курсе | Общие сведения | Структура атома | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Спектр электромагнитного излучения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Источники излучения и их свойства: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Рентгеновское излучение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Гамма-излучение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Нейтронное излучение |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
|  |  | Спектр рентгеновского и гамма-излучения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Основные параметры радиографии: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Напряжение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Ток | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Активность | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Фильтры излучения |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Фокусное пятно | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Доза | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Мощность дозы | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Постоянная мощность дозы | X | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  | Ослабление  излучения | Общий механизм взаимодействия: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | — Фотоэлектрический эффект | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Комптон-эффект | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Образование пар | X | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Слои половинного и десятикратного ослабления и закон ослабления | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Увеличение жесткости излучения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Рассеянное излучение и коэффициент накопления | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Фильтрация и коллимация | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Рентгеновская флуоресценция | X | X | X | X |  | X |  | X | X |
|  |  | Ослабление потока нейтронов и электронов |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
|  | Радиационный контраст, шум | Контраст, шум, гранулярность | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Удельный контраст |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Влияние рассеянного излучения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Отношение сигнал - шум SNR |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Отношение контраст - шум |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Нерезкость | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Базовое пространственное разрешение |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Размер пикселя |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Нормализованное отношение сигнал - шум (SNRN) |  |  |  | X | X | X |  | X | X |
|  | Оптимизация качества  изображения | Принципы компенсации: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | - Контраст и отношение сигнал-шум (SNR) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Базовое пространственное разрешение и отношение сигнал-шум (SNR) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Местная нерезкость и отношение сигнал-шум (SNR) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Защита от рассеянного излучения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Максимальное/оптимальное напряжение на рентгеновской трубке |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Геометрические условия просвечивания | Геометрическая и собственная нерезкость | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Геометрическое увеличение |  | X | X |  | X | X | X | X | X |
|  |  | Влияние увеличения |  | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Оптимальное увеличение |  |  | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Различия между радиографией и радиоскопией |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Закон обратных квадратов | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Индикаторы качества изображения | Проволочного типа | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Ступенчатого с отверстиями типа | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Пластинчатого с отверстиями типа | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Двухпроволочного (дуплексного) типа | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Измерение базового пространственного разрешения |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Сходящиеся пары линий |  |  | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Шаблон пар линий (Функция передачи модуляции – MTF) |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| 5.3  Знание объекта и возможностей метода и  способов контроля | Общие сведения о недопустимых дефектах | Обзор процессов: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Литье |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| — Ковка |  | X | X |  | X | X |  |  | X |
| — Сварка |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | — Трубы различных размеров и назначения |  | X | X |  | X | X |  |  | X |
| — Металлопродукция, полученная процессами давления |  | X | X |  | X | X |  |  | X |
|  |  | — Композиционный материал |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Типы несплошностей | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Механика разрушения |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
|  |  | Рабочая нагрузка |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
|  |  | Свойства материала |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Происхождение дефектов |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Оценка |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  | Влияние на обнаружение | Тип дефекта | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Размер | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Пространственная ориентация | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Число экспозиций |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Направление пучка | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Геометрические искажения |  |  |  |  |  |  |  | X | X |
| Увеличение толщины стенки |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Диапазоны толщин для рентгеновского и гамма-излучений |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Число экспозиций с учетом углового ­искажения (трубы различных размеров) |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| 5.4  Оборудование | Источники излучения – источники рентгеновского излучения | Типовые источники: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Типы источников | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| — Сравнение стационарных и мобильных источников | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Устройство и принцип действия рентгеновских трубок | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Сравнение униполярных и биполярных трубок |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Специальные источники |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Генерирование высокого напряжения |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Охлаждение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Обращение | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Параметры: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — кВ | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — мА | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Размер пятна | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Измерение параметров |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Источники излучения – гамма-источники | Контейнер: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Экранирование | X | X | X | X | X | X |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | — Классы контейнеров |  |  | X |  |  | X |  |  |  |
|  |  | Транспортировка | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
|  |  | Держатель источника излучения и радиационная головка: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Порядок обращения и процесс облучения | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Особенности конструкции |  | X | X |  | X | X |  |  |  |
| — Коллимация | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| Параметры: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Тип изотопа | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Спектр | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Энергия | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Активность | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| — Размер источника | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| - Период полураспада | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
| Пленка | Структура | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Природа скрытого изображения | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Подложка, эмульсия, бромид серебра, размер зерна, форма зерна | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Процесс получения снимка | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| Обработка: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Свойства пленочных систем | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Характеристическая кривая плёнки | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Градиент пленки, контрастность пленки, скорость | X | X | X |  |  | X |  |  |  |
| — Влияние процесса обработки пленки | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Чувствительность | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Зернистость | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Четкость снимка |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Классификация пленочных систем | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Обеспечение качества при помощи контрольных пленочных полос |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Экраны для пленки: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Типы экранов | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Собственная нерезкость | X | X | X |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT — D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Эффект усиления | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Эффект фильтрации | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Экраны для кобальта 60 и линейного ускорителя | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Работа с таблицами экспозиций | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  | Проявка пленки и  условия проявочной комнаты | Обустройство темной комнаты | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  | Сравнение ручной и автоматической проявки | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Ванны: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Различные типы ванн | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Обеспечение качества в условиях темной комнаты | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Процесс проявки |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Принципы | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Проявочное оборудование, настройка | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Проверка | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Хранение неэкспонированных пленок | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Проверка светоизоляции темной комнаты | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Проверка на вуаль | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Время осветления | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Учетная ведомость | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Применение контрольных пленочных полос |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  | Компьютерная радиография  (CR), запоминающие пластины | Запоминающие люминесцентные пластины: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | — Введение |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
|  | — Устройство |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
|  | Запоминающая пластина и сканер для компьютерной радиографии |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
|  |  | Классификация систем компьютерной радиографии |  |  |  |  | X | X |  |  |  |
|  |  | Обеспечение качества (фантом) |  |  |  |  | X | X |  |  |  |
|  |  | Условия экспозиции |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
|  |  | Работа с таблицами экспозиций |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
|  |  | Обращение |  |  |  | X | X | X |  |  |  |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Выбор системы |  |  |  |  | X | X |  |  |  |
| DDA | Цифровые матричные детекторы (DDA): |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Введение |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
| — Устройство |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
| Непрямое преобразование |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Прямое преобразование |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Матрицы ПЗС (CCD), на аморфном кремнии (a-Si), КМОП (CMOS) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Настройка детектора |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Обеспечение качества |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Условия экспозиции |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Обращение |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
| Выбор системы |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| LDA | Линейные матричные детекторы (LDA): |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Введение |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
| — Устройство |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Области применения |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Сравнение с цифровыми матричными детекторами |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Обеспечение качества (фантом) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Условия экспозиции и графики |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Обращение |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Выбор системы |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
|  | Электронно-оптические преобразователи, флюороскоп | Введение |  |  |  |  |  | X | X | X | X |
|  |  | Конструкция |  |  |  |  |  |  | X | X | X |
|  |  | Области применения |  |  |  |  |  |  | X | X | X |
|  |  | Обеспечение качества (фантом) |  |  |  |  |  |  |  | X | X |
|  |  | Условия экспозиции и ­графики |  |  |  |  |  |  |  | X | X |
|  |  | Обращение |  |  |  |  |  |  | X | X | X |
|  |  | Выбор системы |  |  |  |  |  |  |  |  | X |
|  |  | Сравнение с цифровыми матричными детекторами |  |  |  |  |  |  |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT — D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  | Оцифровка пленок | Устройство сканера: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | — Фотосканеры |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Сканеры с построчным сканированием |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Лазерные сканеры |  | X | X |  |  | X |  |  |  |
|  |  | Обеспечение качества (фантом) |  | X | X |  |  | X |  |  |  |
|  |  | Порядок обращения, архивация |  | X | X |  |  | X |  |  |  |
|  |  | Выбор системы |  |  | X |  |  | X |  |  |  |
|  |  | Классификация |  | X | X |  | X | X |  |  |  |
|  | Вспомогательные материалы | Оборудование: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | — Свинцовые буквы и ленты | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Удерживающие магниты | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
|  |  | — Свинцовые экраны, коллиматоры, | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | маски |
|  |  | — Резиновые ремни | X | X | X | X | X | X |  |  |  |
|  |  | — Средства радиационной защиты | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Сбор данных,  настройка детектора | Аналогово-цифровое преобразование |  |  |  | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Структура ЭВМ: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | — Процессор, память, шина, диск |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Загрузка и сохранение цифровых |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | изображений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Форматы изображений |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | Интегрирование изображения: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | — Интегрирование на чипе/длительность кадра |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Интегрирование в памяти/число кадров |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Установка оптимального усиления и динамического диапазона |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Сравнение накопления и интегрирования |  |  |  |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT — D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 5.5  Предварительная информация | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| по контролю |  | — Объект, подлежащий контролю | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Вид изготовления | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | — Каталог недопустимых дефектов |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Объем контроля | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  | Условия проведения контроля  и применение положений стандартов | Доступность |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Инфраструктура |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Конкретные условия контроля |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Стандарт на применение |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться НК |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Требования к персоналу НК |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Критерии приемки |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Способ и порядок | Состояние поверхности |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  | проведения контроля | Подготовка поверхности |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Документы, оформляемые по итогам контроля |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Инструкции | Подготовка письменной методики |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
|  |  | Подготовка письменной инструкции |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией­ | X |  |  | X |  |  | X |  |  |
|  |  | Изложение стандартов, правил и методик |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| 5.6 | Стандартная практика и  стандарты оценки | Выбор способа контроля: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Проведение контроля | — Различные схемы просвечивания |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | — Расшифровка изображений |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Оценка дефектов |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | — Использование каталогов |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Измерение размеров дефектов |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| 5.7  Оценка и отчетность | Основы оценки | Условия просмотра: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Условия в помещении | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| — Продолжительность просмотра | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| — Продолжительность промежутка времени, прошедшего с момента ослепления | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Освещенность |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| — Измерение плотности | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — полосы Маха |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Негатоскоп: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Введение | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Минимальная освещенность |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| — Коэффициент гомогенности |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Влияние физических особенностей человека | Зрение |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Адаптация зрения перед просмотром |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Оценка рентгенограмм | Проверка качества изображения | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание |  | | RT-F (Пленочный) | | | RT | — D (Цифровой) | | RT-S (Радиоскопия) | | |
|  |  |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | | Отчет о дефектах |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  | Протокол контроля | | Соответствие стандартам по контролю |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | | Соответствие качеству контроля |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
|  |  | | Достигнутый класс контроля | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
|  |  | | Достигнутый объем диагностирования объекта контроля | X | X | X | X | X | X |  | X | X |
|  | Цифровая обработка изображения | | Структура изображения, квантование (биты и байты) |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | | Основные операции: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | — Элемент изображения (пиксель) |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | | — Градация серого |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | | Точечные операции: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | — Контраст |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
|  |  | | — Яркость |  |  |  | X | X | X | X | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Гамма-коррекция изображения |  |  |  | X | X | X | X | X | X |
| — Гистограмма |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| - Таблица цветности (LUT) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Матричные операции, фильтры: |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Сглаживание, улучшение отношения сигнал - шум (SNR) |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Проходной фильтр высоких частот, градиентный |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Усиление контуров, распознавание линий |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — медианный фильтр |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Инструменты для измерения: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Настройка |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Линейный профиль |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Измерение длины дефекта |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Измерение площадей |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Измерение глубины |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Коррекция исходных данных: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Введение |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| — Линеаризация, таблица цветности (LUT) |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| — Интерполяция плохих пикселей |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| Автоматизированная расшифровка изображений | Принципы работы |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| Преобразование в двоичную форму |  |  |  |  |  | X |  | X | X |
| Измерение размеров |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| 5.8  Оценка | Классификация дефектов | Вид |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Размер |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Пространственное положение |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Частота |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Влияние особенностей производства и характеристик материала |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 5.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | ISO 9712 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Документация | Формат и объем рабочих методик |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Квалификация методик НК |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Допуск (НК инструкции, методик и персонала) |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Разработка письменной инструкции |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X |  |  | X |  |  | X |  |  |
| Прослеживаемость документации |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Надежность измерений |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Знание стандартов на применение НК и стандартов на продукцию | Выбор правильного способа |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Применение правильных параметров контроля |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Выбор метода НК |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Профессиональная подготовка по специальности |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

**Таблица 2** *(продолжение)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | RT-F (Пленочный) | | | RT-D (Цифровой) | | | RT-S (Радиоскопия) | | |
| Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Проверка оборудования |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| 5.10  Разработки | Специальные способы | Стереорадиография |  | X | X |  | X | X |  | X | X |
| Компьютерная томография (CT): |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| — Введение |  |  | X |  | X | X |  | X | X |
| — Геометрия контроля |  |  |  |  | X | X |  | X | X |
| - Сравнение двухмерного (2D) и трехмерного (3D) изображений |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| — Принципы восстановления изображения |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| — Изображения, восстановленные на основе обратной фильтрации |  |  |  |  |  | X |  |  | X |
| — Области применения |  |  | X |  | X | X |  |  | X |
| — Требования и ограничения |  |  | X |  |  | X |  |  | X |
| Сравнение пленочной и цифровой радиографии |  | X | X |  | X | X |  | X | X |

6 Ультразвуковой контроль (UT) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark9)одготовка по курсу ультразвукового контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 3](#bookmark8) и [4](#bookmark9).

Таблица 3 - Общее содержание программы подготовки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 6.1 | Вводный курс по терминологии и истории ультразвукового контроля (UT) | 1 | 1 | 1 |
| 6.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 12 | 12 | 22 |
| 6.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 30 | 24 | 3 |
| 6.4 | Оборудование | 15 | 8 | 13 |
| 6.5 | Предварительная информация по контролю | 1 | 11 | 13 |
| 6,6 | Проведение контроля | 30 | 27 | 19 |
| 6.7 | Оценка и отчетность | 10 | 8 | 11 |
| 6.8 | Оценка | 0 | 5 | 6 |
| 6.9 | Вопросы обеспечения качества | 1 | 4 | 7 |
| 6.10 | Разработки | 0 | 0 | 5 |

ВТаблица 4 — Ультразвуковой контроль (UT) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 6.1 | Обязанности персонала НК | | X | X |  |
| Вводный курс по терми­нологии и истории ультразвукового контроля (UT) | Обзорный материал по общим стандартам и стандартам на продукцию | |  |  | X |
| Терминология | | X | X | X |
| 6.2  Физические принципы и связанные знания  Понятия, необходимые  для понимания физических принципов ультразвукового контроля  (физика, математика)  могут стать предметом изучения на предварительном курсе | Обзор  основ  математики | Алгебра | X |  |  |
| Тригонометрия | X |  |  |
| Логарифмы | X |  |  |
| Физические определения  и основные параметры | Синусоидальное движение | X | X |  |
| Амплитуда | X | X |  |
| Период | X | X |  |
| Частота | X | X |  |
| Скорость | X | X |  |
|  | Акустический импеданс | X | X |  |
|  | Акустическое давление | X | X | X |
| Факторы, влияющие на отражение и про­хождение (только для пучка, перпендикулярного к поверхности) |  | X |  |
|  | Изотропные материалы | X |  | X |
|  |  | Анизотропные материалы |  | X | X |
|  | Волны | Синусоидальное движение | X |  |  |
|  |  | Амплитуда | X |  |  |
|  |  | Частота | X |  |  |
|  |  | Длина волны | X |  |  |
|  |  | Скорость распространения | X |  |  |
|  |  | Продольные | X | X |  |
|  |  | Поперечные | X | X |  |
|  |  | Волны Рэлея (поверхностные волны) | X | X | X |
|  |  | Головные волны |  | X | X |
|  |  | Управляемые волны |  | X | X |
|  | Прохождение и отражение | Физические явления на границах раздела сред при перпендикулярном падении волны | X | X |  |
|  |  | — Прохождение | X | X |  |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Отражение | X | X |  |
|  |  | — Интерференция |  | X |  |
|  |  | — Дисперсия | X | X | X |
|  |  | Закон Снеллиуса | X | X |  |
|  |  | Зависимость скорости звука от упругих свойств среды |  |  | X |
|  |  | Физические явления на границах раздела сред при наклонном падении пучка | X | X |  |
|  |  | — Прохождение | X | X |  |
|  |  | — Отражение | X | X |  |
|  |  | — Преломление | X | X |  |
|  |  | Угловые отражатели | X | X |  |
|  |  | — Отражение | X | X |  |
|  |  | — Преобразование режима | X | X |  |
|  |  | Электрострикция |  |  | X |
|  |  | Магнитострикция |  |  | X |
|  |  | Генерирование кратковременного электрического импульса |  |  | X |
|  |  | С помощью лазера |  |  | X |
|  |  | С помощью пьезоэффекта | X | X |  |
|  |  | С помощью обратного пьезоэффекта | X | X |  |
|  | Характеристики | Материал | X | X |  |
|  | преобразователя | Размеры | X | X |  |
|  |  | Частота | X | X |  |
|  |  | Пьезоэлектрические постоянные | X | X |  |
|  | Акустические поля дискообразного | Ближняя зона (зона Френеля) | X | X |  |
|  | активного элемента преобразователя | Дальняя зона (зона Фраунгофера) | X | X |  |
|  |  | Расхождение пучка | X | X |  |
|  |  | Влияние частоты и диаметра активного элемента | X | X |  |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 6.3  Знание объекта и соответствующей­ возможности метода и  способов контроля | Общие сведения о недопустимых дефектах | Литье | X | X |  |
| Ковка | X | X |  |
| Сварка | X | X |  |
| Трубы различных размеров и назначения | X | X |  |
| Металлопродукция, полученная процессами давления | X | X |  |
|  |  | Композиционный материал | X | X |  |
|  | Реализация способов контроля | В зависимости от объекта контроля | X | X |  |
| В зависимости от ожидаемых ­несплошностей | X | X |  |
| Стандарты, спецификации, нормы и правила |  | X |  |
| Основные характеристики образца | Влияние состояния поверхности | X | X |  |
| Геометрия (дополнительные эхо-сигналы, вызванные наклонным падением и расхождением пучка) | X | X |  |
| Структура (затухание звука) | X | X |  |
| Выбор преобразователя |  | X |  |
| — Конструкция образца, учитывающая специфику контроля |  |  | X |
| Способ контроля, учитывающий задачу контроля |  | X |  |
| — Имитации |  |  | X |
| 6.4  Оборудование | Ультразвуковые приборы | Цифровые приборы | X | X |  |
| — Устройство | X | X |  |
| — Функция | X | X |  |
| — Генерация импульсов | X | X |  |
| — Прием сигналов | X | X |  |
| — Усиление | X | X |  |
| — Развертка типа А | X | X |  |
| — Радиочастотный сигнал | X | X |  |
| — Выпрямление | X | X |  |
| — Измерение по пику и по фронту | X | X |  |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Сравнение аналоговых и цифровых приборов |  | X | X |
| Ультразвуковой толщиномер | X | X |  |
| Автоматизированный и полуавтоматизированный системы |  | X | X |
| Ручной |  |  | X |
| Скорость |  |  | X |
| Приращение |  |  | X |
| Повторяемость |  |  | X |
| Частота выборки |  |  | X |
| Преобразователи | Прямой | X | X |  |
| — Устройство | X | X |  |
| — Применение | X | X |  |
| Наклонный | X | X |  |
| — Устройство | X | X |  |
| — Физические явления на границе раздела призма/образец | X | X |  |
| — Критические углы | X | X |  |
| — Углы, обычно применяемые для контроля стальных объектов | X | X |  |
| — Акустическое поле | X | X |  |
| — Точка выхода преобразователя | X | X |  |
|  |  | — Угол ввода пучка | X | X |  |
| — Изменение точки выхода преобразователя и угла ввода из-за износа или протекторов | X | X |  |
| — Контроль прямым пучком и однократно отраженным | X | X |  |
| — Применение | X | X |  |
| Раздельно-совмещенный преобразователь | X | X |  |
| — Устройство | X | X |  |
| — Ошибка при отклонении | X | X |  |
| — Акустическое поле | X | X |  |
| — Настройка | X | X |  |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | — Применение | X | | X | |  | |
| Динамический диапазон |  | |  | | X | |
| Иммерсионные преобразователи (фокусирующие, сферические, цилиндрические, с поверхностью Ферма) |  | | X | | X | |
| Измерение длительности импульса |  | |  | | X | |
| Практическое измерение характеристик по направлениям |  | |  | | X | |
| Протектор (задержка в призме) |  | |  | | X | |
| Контактная среда |  | X | | X | |  | |
| Соединительные кабели | Длина |  | |  | | X | |
| Импеданс |  | |  | | X | |
| Контрольные образцы и калибровочные блоки | Калибровочный блок № 1 | X | | X | | X | |
| Калибровочный блок № 2 | X | | X | | X | |
| Контрольные образцы | X | | X | | X | |
| Разрешающая способность | X | | X | | X | |
| — в ближней зоне | X | | X | | X | |
| — в дальней зоне | X | | X | | X | |
| 6.5  Предварительная информация по контролю | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала | X | | X | | X | |
| — Объект, подлежащий контролю | X | | X | | X | |
| — Вид изготовления | X | | X | | X | |
| — Каталог недопустимых дефектов |  | | X | | X | |
| — Объем контроля | X | | X | | X | |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | Доступность |  | | X | | X | |
| Инфраструктура |  | |  | | X | |
| Конкретные условия контроля |  | | X | | X | |
| Стандарт на применение |  | | X | | X | |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться НК |  | |  | | X | |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  | |  | | Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля | |  | | X | | X | |
| Требования к персоналу НК | |  | | X | | X | |
| Критерии приемки | |  | |  | | X | |
|  | | Способ и последовательность проведения контроля | | Состояние поверхности | | X | | X | |  | |
| Подготовка поверхности | | X | | X | |  | |
| Документы, оформляемые по итогам контроля | |  | | X | |  | |
| Инструкции | | Подготовка письменной методики | |  | |  | | X | |
| Подготовка письменной инструкции | |  | | X | |  | |
| Проведение контроля в соответствиис письменной инструкцией | | X | |  | |  | |
| 6,6  Проведение контроля | | Способы | | Эхо-импульсный и прохождения | | X | | X | |  | |
| Контактный | | X | | X | |  | |
| Тандем способ | |  | | X | |  | |
| Иммерсионный способ | |  | | X | |  | |
| Дифракционно-временной способ (TOFD) | |  | | X | |  | |
| Способ фазированной решетки | |  | | X | |  | |
| Способы ультразвукового измерения толщины | | X | | X | |  | |
| — Контрольные отражатели (законы зависимости от расстояния и размера) | |  | | X | |  | |
| Проверка оборудования в сборе | | X | | X | |  | |
| — Способ амплитуда-расстояние-диаметр (АРД) | |  | | X | |  | |
| — Контроль группой преобразователей электромагнитный акустический активный элемент | |  | |  | | X | |
| (EMAT) | |  | | X | |  | |
| Установка диапазона | | X | | X | |  | |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | — Настройка по одной точке | X | X |  |
| — Настройка по двум точкам | X | X |  |
| Установка чувствительности | X | X |  |
| — Контрольные отражатели (донный сигнал, боковое цилиндрическое отверстие, плоскодонный дисковый отражатель) | X | X |  |
| — Способ по одному отражателю (опорная высота) | X | X |  |
| — Ультразвуковой контроль бесконтактный |  |  | X |
| — Направленные волны |  | X | X |
| — Контроль в условиях высоких температур |  | X | X |
| Различные способы измерений размеров |  | X |  |
| — Принципы |  | X |  |
| — Ограничения |  | X |  |
| — Требования к контрольным образцам | X | X |  |
| — Способ коррекции амплитуды в зависимости от расстояния (ВРЧ) | X | X |  |
| — Корректировка усиления | X | X |  |
| — Установка усиления (уровень контроля) | X | X |  |
| — Ошибки при оценке амплитуды эхо-сигнала | X | X |  |
| Лазерный ультразвуковой контроль |  |  | X |
| Проверка эффективности методик и инструкций |  |  | X |
| 6.7  Оценка и отчетность | Расшифровка | Соответствующие стандарты |  |  | X |
|  | Соответствующие спецификации |  |  | X |
|  | Соответствующие кодексы |  |  | X |

Таблица 4 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Оценка (обычными способами или с применением вычислительной техники, например, эхотомография, метод синтезированной фокусированной апертуры) |  |  | X |
|  |  | Процесс сохранения данных (например, годограф амплитуды и времени прихода сигнала (ALOK) |  |  | X |
|  | Способы обнаружения,  определения местоположения и размеров | Обнаружение | X | X |  |
|  | Различие между эхо-сигналом от недопустимого дефекта и эхо-сигналом, вызванным геометрией отражателя | X | X |  |
|  | Определение местоположения (вычисления, правила тригонометрии) | X | X |  |
|  |  | Расшифровка |  | X |  |
|  |  | Оценка |  | X |  |
|  |  | Развертка типа А | X | X | X |
|  |  | Развертка типа B |  | X | X |
|  |  | Развертка типа C |  | X | X |
|  |  | Развертка типа D |  |  | X |
|  |  | Развертка типа E |  |  | X |
|  |  | Развертка типа F |  |  | X |
|  |  | Развертка типа P |  |  | X |
|  |  | Развертка типа S |  |  | X |
|  |  | Запись результатов | X | X |  |
|  |  | Классификация результатов | X | X |  |
|  |  | Уровни приемки | X | X |  |
|  |  | Оценка амплитуды эхо-сигнала по АРД-диаграмме |  | X |  |
|  |  | Определение размеров способом половины ­амплитуды | X |  |  |
|  |  | Определение размеров способом уменьшения сигнала до установленного уровня |  | X |  |

Таблица 4 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  |  | Оценка сигнала с использованием одного отражателя и с использованием DAC-кривой (АРК-кривой) | X | X |  |
|  | | Отчетность | X | X |  |
|  |  | Проверка путем сопоставления содержания протоколов контроля, инструкций и методик |  |  | X |
| 6.8  Оценка | Оценка и подтверждение протокола контроля | Применение критериев приемки в соответствии со стандартами, правилами и методиками |  | X |  |
| 6.9 | Квалификация | ISO 9712 | X | X | X |
| Вопросы обеспечения качества | персонала | Другие системы квалификации и сертификации в ­области НК |  | X | X |
|  | Документация | Прослеживаемость документации |  | X | X |
|  |  | Проверка оборудования |  | X | X |
|  |  | Надежность измерений |  | X | X |
|  |  | Формат рабочих методик |  |  | X |
| 6.10  Разработки | Новейшие ­разработки для промышленного и научного­ применения ультразвукового контроля | Фазированная решетка | X | X | X |
| Дифракционно-временной способ | X | X | X |
| Ультразвуковой контроль дальнего действия (метод направленных волн) | X | X | X |
| Компьютерное моделирование |  |  | X |

7 Вихретоковый контроль (ЕТ) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark12)одготовка по курсу вихретокового контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 5](#bookmark11) и [6](#bookmark12).

Таблица 5 — Общее содержание

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|  | Содержание | (в % от общей | (в % от общей | (в % от общей |
|  |  | продолжительности) | продолжительности) | продолжительности) |
| 7.1 | Вводный курс по терминологии и истории вихретокового контроля (ET) | 1 | 1 | 2 |
| 7.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 15 | 16 | 17 |
| 7.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 10 | 10 | 15 |
| 7.4 | Оборудование | 24 | 17 | 15 |
| 7.5 | Предварительная информация по контролю | 4 | 19 | 26 |
| 7.6 | Проведение контроля | 37 | 19 | 4 |
| 7.7 | Оценка и отчетность | 5 | 8 | 8 |
| 7.8 | Оценка | 0,0 | 4 | 4 |
| 7.9 | Вопросы обеспечения качества | 4 | 4 | 4 |
| 7.10 | Разработки | 0,0 | 2 | 5 |

Таблица 6 - Вихретоковый контроль (ЕТ) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 7.1  Вводный курс по те­рминологии и истории вихретокового контроля (ET) | История |  | X | X | X |
| Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X |
|  | Какова цель НК? | X | X | X |
| На каком этапе жизненного цикла  объекта проводится НК? | X | X | X |
|  |  |
|  | Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X |
|  | Кто может проводить НК? | X | X | X |
|  | Основные методы НК | X | X | X |
| Назначение вихретокового | Определение | X |  |  |
|  | контроля (ET) | Возможность применения и ограничения | X |  |  |
| 7.2  Физические принципы и связанные знания  Понятия, необходимые для понимания  физических принципов  вихретокового контроля (физика, математика) могут стать предметом  изучения на предварительном курсе. | Электричество | Постоянный ток | X | X | X |
|  | — Ток | X | X | X |
| — Напряжение | X | X | X |
| — Сопротивление | X | X | X |
| — Проводимость | X | X | X |
| — Закон Ома | X | X | X |
| — Удельное сопротивление | X | X | X |
| — Проводимость | X | X | X |
|  | Холла | X | X | X |
| — Значения удельной проводимости для некоторых металлов | X | X | X |
|  | Переменный ток | X | X | X |
|  | — Синусоидальный ток | X | X | X |
|  | — Напряжение | X | X | X |
|  |  | — Амплитуда | X | X | X |
|  |  | — Частота | X | X | X |
|  |  | — Период | X | X | X |
|  |  | — Фаза | X | X | X |
|  |  | — Векторное представление |  | X | X |
|  |  | Другие периодические токи |  |  | X |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 |
|  | Магнетизм | Магнитное поле | X | | X | | X | | |
|  |  | Силовые линии |  | | X | | X | | |
|  |  | Сила магнитного поля | X | | X | | X | | |
|  |  | Проницаемость | X | | X | | X | | |
|  |  | Плотность потока (индукция) | X | | X | | X | | |
|  |  | Поток | X | | X | | X | | |
|  |  | Петля гистерезиса | X | | X | | X | | |
|  |  | Холла | X | | X | | X | | |
|  |  | Диамагнетизм |  | | X | | X | | |
|  |  | Парамагнетизм |  | | X | | X | | |
|  |  | Ферромагнетизм |  | | X | | X | | |
|  |  | Магнитное сопротивление |  | | X | | X | | |
|  |  | Магнитодвижущая сила |  | | X | | X | | |
|  | Электромагнетизм | Магнитное поле, создаваемое | X | | X | | X | | |
|  |  | током (провод, катушка) |
|  |  | Явление электромагнитной | X | | X | | X | | |
|  |  | индукции |
|  |  | Индуктивность | X | | X | | X | | |
|  |  | Взаимная индуктивность |  | | X | | X | | |
|  |  | Электромагнитное взаимодействие | X | | X | | X | | |
|  |  | Индукционные токи | X | | X | | X | | |
| Вторичное поле | X | | X | | X | | |
| Закон Ленца | X | | X | | X | | |
| Распределение вихревых токов в проводящих материалах | X | | X | | X | | |
| — Плоская волна |  | | X | | X | | |
| — Глубина проникновения | X | |  | |  | | |
| — Стандартная глубина проникновения |  | | X | | X | | |
| — Амплитуда | X | | X | | X | | |
| — Фаза | X | | X | | X | | |
| Цилиндрические проводники |  | | X | | X | | |
| — Характеристическая частота | X | | X | | X | | |
| Реальная (практическая) глубина проникновения |  | | X | | X | | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | | Уровень 3 | |
|  | |  | | Импеданс | | X | | | X | | | X | | |
| — Изображение на комплексной ­плоскости | |  | | | X | | | X | | |
| — Диаграмма плоскости полных сопротивлений | |  | | | X | | | X | | |
| Прочие способы | | Импульсный вихревой ток | |  | | |  | | | X | | |
| Датчики магнитного поля | |  | | |  | | | X | | |
| Измерение поля переменного тока | |  | | |  | | | X | | |
| Удаленные поля вихревых токов | |  | | |  | | | X | | |
| Моделирование | | Аналитические расчеты вихретоковых испытаний | |  | | |  | | | X | | |
| 7.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | | Дефектология | | Производственные несплошности | |  | | | X | | | X | | |
| Эксплуатационные несплошности | |  | | | X | | | X | | |
| Свойства материалов, влияющие на результаты вихретокового контроля | |  | | | X | | | X | | |
| — Проводимость | |  | | | X | | | X | | |
| — Проницаемость | |  | | | X | | | X | | |
| Характеристики объектов контроля, ­влияющие на результаты вихретокового контроля | |  | | | X | | | X | | |
| — Состояние (поверхность, термообработка, холодная обработка) | |  | | | X | | | X | | |
| — Температура | |  | | | X | | | X | | |
| — Форма | |  | | | X | | | X | | |
| — Толщина стенки | |  | | | X | | | X | | |
| — Доступность | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Контролируемая продукция | |  | | | X | | |  | | |
|  |  | | — Полуфабрикаты | |  | | | X | | |  | | |
|  |  | | — Трубы | |  | | | X | | |  | | |
|  |  | | — Трубы теплообменника | |  | | | X | | |  | | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | Механические детали (например, в автомобильной, железнодорожной, авиационной промышленности) |  | | X | |  | |
|  |  | — Сварные швы (например, для конструкций на шельфе) |  | | X | |  | |
|  |  | Характеристики дефектов, |  | | X | |  | |
|  |  | влияющие на их обнаружение |  | |  | |
|  |  | — Отношение ширины к глубине |  | | X | |  | |
|  | Области применения | Определение характеристик материала: |  | |  | |  | |
|  | вихретокового контроля | проводимость, содержание ферритной фазы, сортировка металлов, сортировка по термообработке, толщина слоев химико-термической |  | |  | |  | |
|  |  | обработки (цементирование, | X | | X | | X | |
|  |  | азотирование …), толщина покрытия |  | |  | |  | |
|  |  | (проводящее или непроводящее) и получение данных |  | |  | |  | |
|  |  | о материале (твердость …) |  | |  | |  | |
|  |  | Обнаружение несплошностей: |  | |  | |  | |
|  |  | трещины (коррозионно-усталостное растрескивание, усталостное растрескивание), | X | | X | | X | |
|  |  | утончение стенок, коррозия, отложения … |  | |  | |  | |
|  | Возможности | Глубина проникновения | X | | X | | X | |
|  |  | Проводящие материалы | X | | X | | X | |
|  |  | Бесконтактный | X | | X | | X | |
|  |  | Высокая скорость контроля | X | | X | | X | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | | Уровень 3 | |
|  |  | | Высокая температура | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Мультиплексные технологии | | X | | |  | | |  | | |
|  |  | | Возможность механизации | | X | | | X | | | X | | |
|  | Способы | | Одночастотный | | X | | | X | | | X | | |
|  | Многочастотный | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Многопараметрический | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Пульсирующий ток | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Мультиплексные технологии | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Удаленное поле | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Законы подобия для поверхностного контроля и контроля труб, характеристические/граничные частоты | |  | | | X | | | X | | |
|  | Кодексы и стандарты | |  | |  | | | X | | | X | | |
| 7.4  Оборудование | Система вихретокового | | Прибор | | X | | | X | | | X | | |
| контроля | | Применение общего назначения – базовые функци | |  | | | X | | | X | | |
|  | |  | | Специальные применения | |  | | | X | | | X | | |
| — Импульсный вихревой ток | |  | | |  | | | X | | |
| — Датчики магнитного поля | |  | | |  | | | X | | |
| — Измерение поля переменного тока | |  | | |  | | | X | | |
| — Механизированное оборудование | |  | | | X | | | X | | |
| Преобразователи | | X | | | X | | | X | | |
| — Совмещенный | |  | | | X | | | X | | |
| — Разделенный приемо-передающий датчик | |  | | | X | | | X | | |
| — Накладной преобразователь | |  | | | X | | | X | | |
| — Коаксиальный | |  | | | X | | | X | | |
| — Устройство | |  | | | X | | | X | | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 |
|  |  | — Матричные преобразователи (описание и принципы работы) |  | | X | | X | |
| Измерения | X | | X | | X | |
| — Абсолютное | X | | X | | X | |
| — Дифференциальное | X | | X | | X | |
| — Импедансный контроль |  | | X | | X | |
| Вывод и отображение сигнала | — Отношение сигнал-шум | X | | X | | X | |
| — Искажение/нелинейность | X | | X | | X | |
| — Фильтры | X | | X | | X | |
| Контрольные образцы | Материал | X | | X | | X | |
| Конструкция |  | | X | | X | |
| Изготовление |  | | X | | X | |
| Хранение |  | | X | | X | |
| Кодексы и стандарты |  |  | | X | | X | |
| 7.5  Предварительная информация по контролю | Информация об объекте контроля | Письменные инструкции | X | |  | |  | |
| Характерные особенности или обозначение материала | X | | X | | X | |
| — Объект, подлежащий контролю | X | | X | | X | |
| — Вид изготовления | X | | X | | X | |
| — Каталог недопустимых дефектов |  | | X | | X | |
| — Объем контроля |  | | X | | X | |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | Доступность |  | | X | | X | |
| Температура |  | |  | | X | |
| Влажность |  | |  | | X | |
| Доступность |  | |  | | X | |
|  |  | Нежелательные интерферирующие сигналы |  | |  | | X | |
|  |  | Электрические и/или магнитные помехи |  | |  | | X | |
|  |  | Инфраструктура |  | |  | | X | |
|  |  | Конкретные условия контроля |  | | X | | X | |
|  |  | Стандарт на применение |  | | X | | X | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | | Уровень 3 | |
|  | |  | | Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться НК | |  | | |  | | | X | | |
|  | |  | | Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля | |  | | | X | | | X | | |
|  | |  | | Требования к персоналу НК | |  | | | X | | | X | | |
|  | |  | | Критерии приемки | |  | | | X | | | X | | |
|  | | Способ | | Состояние поверхности | |  | | | X | | |  | | |
|  | | и последовательность проведения контроля | | Подготовка поверхности | |  | | | X | | |  | | |
|  | | Документы, оформляемые по итогам контроля | |  | | | X | | |  | | |
|  | |  | | Применяемое оборудование | |  | | | X | | |  | | |
|  | |  | | Требования к записи | |  | | | X | | |  | | |
|  | | Инструкции | | Подготовка письменной методики | |  | | |  | | | X | | |
|  | |  | | Подготовка письменной инструкции | |  | | | X | | |  | | |
|  | |  | | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | | X | | |  | | |  | | |
|  | |  | | Документация | |  | | |  | | | X | | |
|  | |  | | Изложение стандартов, правил и методик | |  | | |  | | | X | | |
| 7.6 | Выбор преобразователя  на основе данных 7.5 | | Продукт | |  | | |  | | |  | | |
| Проведение контроля | — Марка | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Металлургическое состояние | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Форма | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Типы несплошностей, подлежащих выявлению | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Местоположение | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Назначение продукта | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Объем испытаний | |  | | | X | | | X | | |

Таблица 6 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | | Уровень 3 | |
|  | Условия проведения контроля  на основе данных 7.5 | | — Температура | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Влажность | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Доступность | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Пригодность | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Интерферирующие сигналы | |  | | | X | | | X | | |
|  | — Электрические и/или магнитные помехи | |  | | | X | | | X | | |
|  | Параметры | | Частота возбуждения | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Вспомогательные частоты | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Скорость перемещения преобразователя | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Зазор вихретокового преобразователя | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Вибрация преобразователя | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Центровка преобразователя | | X | | | X | | | X | | |
|  | Настроечные кривые | |  | | X | | | X | | | X | | |
|  | Установка параметров | | Сбор данных | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Письменная методика | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Письменная инструкция | | X | | | X | | |  | | |
| 7.7  Оценка и  отчетность | Отчетность | | Уровень отчетности | |  | | | X | | | X | | |
|  | | Протокол испытания | | X | | | X | | | X | | |
| Оценка | | Определение характеристик индикаций | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Одночастотный анализ | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Многочастотный анализ | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Анализ данных | |  | | | X | | | X | | |
| 7.8  Оценка | Оценка и подтверждение протокола контроля | | Применение критериев приемки в соответствии со стандартами, правилами и методиками | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | Подготовка персонала уровня 1 и 2 по критериям приемки | |  | | |  | | | X | | |
| 7.9 | | Факторы, влияющие на | | Квалификация персонала | | X | | | X | | | X | | |
| Вопросы обеспечения качества | | качество контроля | | — ISO 9712 | | X | | | X | | | X | | |

Таблица 6 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 |
|  |  | — Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  | |  | | X | |
|  |  | Формат и объем рабочих методик |  | |  | | X | |
|  |  | Квалификация методик НК |  | |  | | X | |
|  |  | Допуск (НК ­инструкции, методик и персонала) |  | |  | | X | |
|  |  | Разработка письменной инструкции |  | | X | |  | |
|  |  | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X | |  | |  | |
|  |  | Прослеживаемость документации |  | | X | | X | |
|  |  | Надежность измерений |  | | X | | X | |
|  | Знание стандартов на | Выбор правильного способа |  | | X | |  | |
|  | применение НК и стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | | X | |  | |
|  | Выбор метода НК |  | | X | | X | |
|  |  | Профессиональная подготовка по специальности | X | | X | | X | |
|  |  | Проверка оборудования | X | | X | | X | |
| 7.10 | Общие сведения | Безындукционные способы |  | |  | | X | |
| Разработки |  | — Магнитооптическое формирование изображений |  | |  | | X | |
|  |  | — СКВИД (сверхпроводящий квантовый интерферометр) |  | |  | | X | |
|  |  | — Сверхмагниторезисторная технология |  | |  | | X | |
|  |  | Формирование изображений |  | |  | | X | |
|  |  | Моделирование |  | |  | | X | |

8 Контроль проникающими веществами (капиллярный контроль) (РТ) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark15)одготовка по курсу капиллярного контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 7](#bookmark14) и [8](#bookmark15).

Таблица 7 - Общее содержание

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 8.1 | Вводный курс по терминологии и истории капиллярного контроля (PT) | 3 | 4 | 8 |
| 8.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 3 | 8 | 9 |
| 8.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 18 | 13 | 8 |
| 8.4 | Оборудование | 12 | 8 | 8 |
| 8.5 | Предварительная информация по контролю | 3 | 8 | 22 |
| 8.6 | Проведение контроля | 12 | 12 | 4 |
| 8.7 | Оценка и отчетность | 37 | 19 | 10 |
| 8.8 | Оценка | 3 | 4 | 2 |
| 8.9 | Вопросы обеспечения качества | 6 | 12 | 21 |
| 8.10 | Условия проведения контроля и требования по охране труда | 3 | 8 | 6 |
| 8.11 Разработки | | 0 | 4 | 2 |

Таблица 8 - Контроль проникающими веществами (капиллярный контроль) (РТ)– Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 8.1 | История |  | X | X | X |
| Вводный курс по терми­нологии и истории капиллярного контроля (PT) | Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X |
|  | Какова цель НК? | X | X | X |
|  | На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X | X | X |
|  |  | Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X |
|  |  | Кто может проводить НК? | X | X | X |
|  |  | Основные методы НК | X | X | X |
|  | Назначение капиллярного | Определение | X | X | X |
|  | контроля (PT) | Возможность применения и ограничения | X | X | X |
|  | Терминология |  | X | X | X |
| 8.2 | Системы пенетрантов | Типы пенетрантов | X | X | X |
| Физические принципы и связанные знания  Понятия, необходимые для понимания физических принципов капиллярного контроля (физика) могут стать предметом |  | — Флуоресцентный | X | X | X |
|  | — Видимый | X | X | X |
|  | Основы действия флуоресцентных пенетрантов и ­принципы абсорбции, использующиеся при применении цветных пенетрантов |  | X |  |
|  | Взаимодействие различных типов цветных­ пенетрантов |  |  | X |
| изучения на предварительном курсе. |  | Способы капиллярного контроля | X | X | X |
|  |  | — Удаляемый водой | X | X | X |
|  |  | — Постэмульгируемый пенетрант | X | X | X |
|  |  | — Удаляемый растворителем | X | X | X |
|  |  | Эмульгаторы | X | X | X |
|  |  | Очиститель | X | X | X |
|  |  | Проявитель | X | X | X |
|  |  | — Жидкий | X | X | X |
|  |  | — Сухой | X | X | X |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | | Уровень 3 | |
|  | | Свойства и | | Физические основы метода | | X | | | X | | | X | | |
|  | | характеристики | | Пенетрант | | X | | | X | | | X | | |
|  | |  | | — Вязкость | | X | | | X | | | X | | |
|  | |  | | — Температура воспламенения | | X | | | X | | |  | | |
|  | |  | | — Избыток | | X | | | X | | |  | | |
|  | |  | | — Капиллярный эффект | | X | | | X | | |  | | |
|  | |  | | — Поверхностное натяжение | | X | | | X | | | X | | |
|  | |  | | — Краевой угол смачивания | | X | | | X | | | X | | |
|  | |  | | — Давление насыщенного пара | | X | | | X | | | X | | |
|  | |  | | Влияние шероховатости материала | |  | | | X | | | X | | |
|  |  | | — Переменные значения шероховатости (Ra + Rz) | |  | | |  | | | X | | |
|  |  | | — Детали с разнородной шероховатостью (например, отливки после механической обработки) | |  | | |  | | | X | | |
|  |  | | Общее представление об отношении сигнал/шум | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Остаточный фоновый шум (опасность чрезмерного/недостаточного удаления пенетранта) | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Эмульгирование пенетранта | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Очиститель | | X | | | X | | | X | | |
|  |  | | Проявитель | | X | | | X | | | X | | |
| 8.3 |  | | Условия проведения контроля | | X | | | X | | | X | | |
| Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля |  | | — Освещение на рабочем участке и прилегающих зонах | |  | | | X | | |  | | |
|  | | — Адаптация к условиям ультрафиолетового освещения | |  | | | X | | |  | | |
|  |  | | — Переход между ярко-освещенными и затемненными участками | |  | | | X | | |  | | |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | Условия осмотра | X | | | X | X |
|  |  | — Эксплуатационные характеристики пенетрантов в зависимости от температурных условий |  | | | X |  |
|  |  | — Важность адаптации к условиям ­приглушенного освещения |  | | | X |  |
|  |  | — Чистота |  | | | X |  |
|  |  | — Изменение (увеличение) освещенности и периода адаптации к затемненным условиям в ­зависимости от возраста дефектоскописта |  | | |  | X |
|  |  | Выбор способа |  | | | X | X |
|  |  | Применение способа | X | | | X | X |
| 8.4 | Конструкция и функционирование | Аэрозольные баллончики | X | | | X | X |
| Оборудование | установок и узлов капиллярного контроля | — Сжатый газ, сжиженный газ, распыление |  | | |  | X |
|  |  | Погружные ванны | X | | | X | X |
|  |  | Электростатические системы, жидкообразная основа |  | | | X | X |
|  |  | Полуавтоматические системы |  | | | X | X |
|  |  | Автоматические системы |  | | | X | X |
|  |  | Применение | X | | | X | X |
|  |  | Источники света | X | | | X |  |
|  |  | — Общие сведения о синем актиничном освещении |  | | | X |  |
|  |  | — Сведения об особенностях человеческой физиологии и их влиянии на восприятие освещения |  | | |  | X |
|  |  | — Качество светодиодных изделий |  | | |  | X |
|  |  | Единицы измерения | X | | | X |  |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 |
|  |  | — Основы метрологии |  | | X | |  | |
| — Метрологические неопределенности |  | |  | | X | |
| Контрольные образцы | X | | X | |  | |
| — Минимальные требования, предъявляемые к качеству эталонной фотографии |  | | X | | X | |
| Условия осмотра | X | | X | |  | |
| 8.5  Предварительная информация по контролю | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала | X | | X | | X | |
| — Объект, подлежащий контролю | X | | X | | X | |
| — Вид изготовления | X | | X | | X | |
| — Каталог недопустимых дефектов |  | | X | | X | |
| — Объем контроля | X | | X | | X | |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | Доступность |  | | X | | X | |
| Инфраструктура |  | |  | | X | |
| Конкретные условия контроля |  | | X | | X | |
| — Синее актиничное освещение |  | |  | | X | |
| Стандарт на применение |  | | X | | X | |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться НК |  | |  | | X | |
| Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля |  | | X | | X | |
| Требования к персоналу НК |  | | X | | X | |
| Критерии приемки |  | |  | | X | |
| Способ и последовательность проведения контроля | Состояние поверхности |  | | X | |  | |
| Подготовка поверхности |  | | X | |  | |
| — Различие между водным щелочным обезжиривающим средством и средством на водной основе/на основе растворителя |  | | X | |  | |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | — Опасность, которую создает наличие боратов и солей кремниевой кислоты в очистителях на водной основе – мыльные растворы |  | | |  | | X | |
|  |  | Документы, оформляемые по итогам контроля |  | | | X | |  | |
|  | Инструкции | Подготовка письменной методики |  | | |  | | X | |
|  |  | Подготовка письменной инструкции |  | | | X | |  | |
|  |  | Документация |  | | |  | | X | |
|  |  | Изложение стандартов, правил и методик |  | | |  | | X | |
| 8.6  Проведение контроля | Подготовительные мероприятия и проведение контроля | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | X | | |  | |  | |
|  |  | Надзор за персоналом |  | | | X | | X | |
|  | Параметры | Подготовка объектов контроля и влияние качества поверхности | X | | | X | | X | |
|  |  | — Подготовка поверхности | X | | | X | |  | |
|  |  | — Очистка | X | | | X | |  | |
|  |  | Способ |  | | | X | | X | |
|  |  | — Выбор |  | | | X | | X | |
|  |  | — Правильное использование | X | | | X | | X | |
|  |  | Планирование контроля |  | | | X | |  | |
|  |  | — Сетки |  | | | X | |  | |
|  |  | — Охват |  | | | X | |  | |
|  |  | Среда обнаружения | X | | | X | | X | |
|  |  | — Правильное использование | X | | | X | |  | |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | — Правильный выбор |  | | | X | | X |
|  |  | Условия осмотра | X | | | X | | X |
|  |  | Осмотр и индикация | X | | | X | |  |
|  |  | Запись несплошностей | X | | | X | |  |
|  |  | Отчетность | X | | | X | |  |
|  |  | Расшифровка индикаций |  | | | X | | X |
|  |  | Маркировка и отбраковка объектов контроля |  | | | X | | X |
|  |  | Очистка деталей | X | | | X | |  |
| 8.7  Оценка и отчетность | Протокол контроля | Условия осмотра | X | | | X | | X |
|  |  | Контрольный образец № 1 |  | | | X | | X |
|  |  | Контрольный образец № 2 | X | | | X | | X |
|  |  | — Различия ­между тест панелями с постоянными размерами дефектов и возрастающими размерами дефектов |  | | |  | | X |
|  |  | Статистические аспекты анализируемых параметров для оценки эффективности применения пенетрантов­ |  | | |  | | X |
|  |  | Проверка качества индикаций | X | | | X | | X |
|  |  | — Использование эталонных фотографий для проверки условий визуального осмотра |  | | | X | |  |
|  |  | Протокол о простых ­дефектах в объектах сварки, ковки, проката и литья | X | | |  | |  |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | | Уровень 3 | | | |
|  | |  | | Иные используемые контрольные образцы | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Содержание протокола проверки партии контрольных образцов | |  | | | X | | | X | |
|  | | Оценка | | Отчет о несплошностях | |  | | | X | | |  | |
| 8.8  Оценка | | Оценка несплошностей | | Влияние особенностей производства и характеристик материала | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Глубина | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Ширина | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Форма | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Расположение | |  | | | X | | | X | |
|  | |  | | Пространственная ориентация | |  | | | X | | | X | |
| 8.9  Вопросы обеспечения качества | | Квалификация персонала | | ISO 9712 | | X | | | X | | | X | |
|  | |  | | Другие системы квалификации и сертификации в области НК | |  | | |  | | | X | |
|  | Документация | | Формат и объем рабочих методик | |  | | |  | | | X | |
|  |  | | Квалификация методик НК | |  | | |  | | | X | |
|  |  | | Допуск (НК инструкции, методик и персонала) | |  | | |  | | | X | |
|  |  | | Разработка письменной инструкции | |  | | | X | | |  | |
|  |  | | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | | X | | |  | | |  | |
|  |  | | Прослеживаемость документации | |  | | | X | | | X | |
|  |  | | Надежность измерений | |  | | | X | | | X | |

Таблица 8 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  | Знание | Выбор правильного способа |  | | X | |  |
|  | стандартов на применение НК и стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | | X | |  |
|  |  | Выбор метода НК |  | | X | | X |
|  |  | Профессиональная подготовка по специальности | X | | X | | X |
|  |  | Проверка оборудования | X | | X | | X |
|  | Соответствующие стандарты |  |  | |  | |  |
| 8.10  Условия окружающей среды и | Химические реактивы | Порядок обращения с химическими реактивами (аэрозоли/пропелленты) | X | | X | | X |
| требования по охране труда |  | Удаление | X | | X | | X |
|  |  | — Пенетрант | X | | X | | X |
|  |  | — Проявитель | X | | X | | X |
|  |  | — Эмульгатор | X | | X | |  |
|  |  | — Растворимый очиститель |  | |  | | X |
|  |  | — Удаление избытка вещества, используемого в процессе контроля | X | | X | |  |
|  |  | — Метод с использованием активированного угля |  | | X | |  |
|  |  | — Метод ультрафильтрации |  | | X | |  |
|  |  | Сертификат безопасности материала | X | |  | |  |
|  |  | Обзор стандартов на применение НК и стандартов на продукцию |  | |  | | X |
|  | Вспомогательные материалы | Опасное и вредное воздействия фиолетового и ультрафиолетового излучения | X | | X | | X |
|  |  | Опасность естественного освещения | X | | X | | X |

Таблица 8 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  |  | Опасное и вредное воздействия электрического тока | X | | X | | X |
|  |  | Ультрафиолетовые фильтры | X | | X | |  |
|  |  | Требования по зрению | X | | X | | X |
|  |  | Защитные очки | X | | X | | X |
|  | Человеческий фактор | Последствия длительного пребывания в условиях приглушенного освещения |  | |  | | X |
|  |  | Важность предоставления перерывов |  | |  | | X |
| 8.11 |  | Специализированные установки |  | | X | |  |
| Разработки |  | Установки в автомобильной промышленности |  | | X | |  |
|  |  | Творческие разработки и инновационные специализированные установки |  | |  | | X |
|  |  | Установки для контроля трубной продукции |  | |  | | X |

9 Магнитный контроль (МТ) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark18)одготовка по курсу магнитопорошкового контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 9](#bookmark17) и [10](#bookmark18).

Таблица 9 - Общее содержание

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 9.1 | Вводный курс по терминологии и истории магнитопорошкового контроля (MT) | 3 | 4 | 3 |
| 9.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 3 | 8 | 13 |
| 9.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 18 | 13 | 13 |
| 9.4 | Оборудование | 12 | 8 | 13 |
| 9.5 | Предварительная информация по контролю | 3 | 8 | 6 |
| 9.6 | Проведение контроля | 12 | 12 | 19 |
| 9.7 | Оценка и отчетность | 37 | 19 | 9 |
| 9.8 | Оценка | 3 | 4 | 3 |
| 9.9 | Вопросы обеспечения качества | 6 | 12 | 15 |
| 9.10 | Условия проведения контроля и требования по охране труда | 3 | 8 | 3 |
| 9.11 | Разработки | 0 | 4 | 3 |

Таблица 10 - Магнитный контроль (МТ) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
| 9.1  Вводный курс по терминологии и истории магнитопорошкового контроля (MT) | История | |  | |  | |  | |  | |
| Цель НК | | Что такое контроль? | | X | | X | | X | |
| Какова цель НК? | | X | | X | | X | |
| На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | | X | | X | | X | |
| Откуда появляется добавленная стоимость? | | X | | X | | X | |
| Кто может проводить НК? | | X | | X | | X | |
| Основные методы НК | | X | | X | | X | |
| Назначение магнитопорошкового контроля (MT) | | Определение | | X | | X | | X | |
| Возможность применения и ограничения | | X | | X | | X | |
| Терминология | |  | | X | | X | | X | |
| 9.2  Физические принципы и связанные знания  Понятия, необходимые для понимания физических принципов магнитопорошкового контроля (физика должна включать теорию электричества) могут стать предметом изучения на предварительном курсе | Основные физические явления | | Электрические цепи | | X | | X | | X | |
| — Типичные значения | | X | | X | | X | |
| — Единицы измерения | | X | | X | | X | |
| Магнитные цепи | | X | | X | | X | |
| — Типичные значения | | X | | X | | X | |
| — Единицы измерения | | X | | X | | X | |
| Магнитное поле | | X | | X | | X | |
| — Характеристика | | X | | X | | X | |
| — Измерения | | X | | X | | X | |
| — Магнитное поле (H) | | X | | X | | X | |
| — Магнитная индукция (B) | | X | | X | | X | |
| — Обозначение сплавов | | X | | X | | X | |
|  | |  | | Магнитное поле, создаваемое электрическими цепями | | X | | X | | X | |
|  | |  | | — Бесконечный прямолинейный проводник | | X | | X | | X | |
|  | |  | | — Длинная магнитная катушка | | X | | X | | X | |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | |
|  |  | — Короткая или плоская катушка намагничивания­ | X | | X | | | X |
|  |  | — Влияние магнитного потока в немагнитных средах | X | | X | | | X |
|  |  | — Непрерывность H t | X | | X | | | X |
|  |  | — Непрерывность B n | X | | X | | | X |
|  |  | — Прохождение потока из магнитной среды в немагнитную среду | X | | X | | | X |
|  |  | Магнитный поток магнитной неоднородности | X | | X | | | X |
|  |  | — Влияние глубины | X | | X | | | X |
|  |  | — Влияние пространственной ориентации | X | | X | | | X |
|  | Свойства материалов | Немагнитные материалы | X | | X | | | X |
|  |  | Магнитные материалы | X | | X | | | X |
|  |  | — Влияние температуры на магнитные свойства | X | | X | | | X |
|  |  | Диамагнетизм | X | | X | | | X |
|  |  | Парамагнетизм | X | | X | | | X |
|  |  | Ферромагнетизм | X | | X | | | X |
|  |  | Ферримагнетизм |  | |  | | | X |
|  |  | Влияние нагартовки |  | |  | | | X |
|  |  | Влияние термообработки |  | |  | | | X |
|  |  | Специфические сплавы |  | | X | | | X |
|  |  | — Пермаллои |  | | X | | | X |
|  |  | — Инвар |  | | X | | | X |
|  |  | — Инконель |  | | X | | | X |
|  | Характеристики магнитопорошкового контроля | Влияние геометрии намагниченной детали на выявление ­несплошности | X | | X | | | X |
|  |  | — Глубина | X | | X | | | X |
|  |  | — Толщина | X | | X | | | X |
|  |  | — Пространственная ориентация | X | | X | | | X |
|  |  | Магнитные свойства | X | | X | | | X |
|  |  | — Основные ферромагнитные сплавы | X | | X | | | X |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  |  | Немагнитные свойства | X | | X | | | X | |
|  |  | Магнитные материалы | X | | X | | | X | |
|  |  | — Область применения | X | | X | | | X | |
|  |  | — Точка Кюри | X | | X | | | X | |
|  |  | — Кривая первоначального намагничивания | X | | X | | | X |
| — Характерные точки предельной петли гистерезиса | X | | X | | | X |
| — Магнитные свойства стали | X | | X | | | X |
| Поведение частиц магнитного порошка вблизи магнитного потока | X | | X | | | X |
| — Магнитное поле (H) |  | | X | | | X |
| — Магнитная индукция (B) |  | | X | | | X |
| — Относительная магнитная ­проницаемость, μr |  | | X | | | X |
| — Коэрцитивная сила, Н с |  | | X | | | X |
| — Удельное электрическое сопротивление, р |  | | X | | | X |
| Влияние состава | X | | X | | | X |
| 9.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | Обработка | Условия проведения контроля | X | | X | | | X |
| Подготовка деталей | X | | X | | | X |
| Условия осмотра | X | | X | | | X |
| — Принципы зрительной эргономики |  | |  | | | X |
| — Изменение (увеличение) освещенности и периода адаптации к затемненным условиям в зависимости от возраста дефектоскописта |  | |  | | | X |
|  |  | Источники освещения | X | | X | | | X |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  |  | — Сведения об особенностях человеческой физиологии и их влиянии на восприятие освещения |  | |  | | | X |
| — Качество источников освещения |  | |  | | | X |
| Применяемые средства обнаружения | X | | X | | | X |
| Выбор способа |  | | X | | | X |
| Факторы, влияющие на индикации |  | | X | | | X |
| Метрологические неопределенности |  | |  | | | X |
| 9.4  Оборудование | Оборудование для намагничивания | Постоянные магниты | X | | X | | | X |
| Переносные электромагниты | X | | X | | | X |
| Катушки | X | | X | | | X |
| Стержни с резьбой | X | | X | | | X |
| Электроконтакты | X | | X | | | X |
| Магнитные дефектоскопы | X | | X | | | X |
| — Стационарные и переносные | X | | X | | | X |
| — Автоматические |  | | X | | | X |
| — Роботизированные |  | | X | | | X |
| Зажимы | X | | X | | | X |
| Оборудование намотки гибкого кабеля | X | | X | | | X |
| Оборудование комбинированного намагничивания |  | | X | | | X |
|  |  | Переносное оборудование |  | | X | | | X | |
|  | Измерение и | Индикаторы магнитного поля | X | | X | | | X | |
|  | настройка | Магнитометр (на основе эффекта) Холла |  | | X | | | X | |
|  | Размагничивание | Вспомогательные материалы | X | |  | | |  | |
|  |  | — Индикаторы магнитных характеристик объектов контроля |  | | X | | |  | |
|  |  | — Приборы для измерения силы магнитного поля |  | | X | | |  | |
|  |  | — Индикаторы магнитного потока |  | | X | | |  | |
|  | Средства обнаружения | Контрастная краска | X | | X | | | X | |
|  |  | Частицы | X | | X | | | X | |
|  | Условия осмотра | Источники света | X | | X | | | X | |
|  | намагничивания | — Качество светодиодных изделий |  | |  | | | X | |
|  |  | Человеческий фактор | X | | X | | | X | |
|  |  | — Адаптация к условиям приглушенного освещения |  | | X | | | X | |
|  |  | — Переход от условий яркого освещения к пониженной освещенности |  | | X | | | X | |
|  |  | — Важность адаптации к условиям приглушенного освещения |  | | X | | | X | |
|  |  | Условия освещения |  | | X | | | X | |
|  |  | — Фотометры и радиометры |  | | X | | |  | |
| 9.5  Предварительная информация по контролю | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала | X | | X | | | X | |
|  |  | — Объект, подлежащий контролю | X | | X | | | X | |
|  |  | — Вид изготовления | X | | X | | | X | |
|  |  | — Каталог недопустимых дефектов |  | | X | | | X | |
|  |  | — Объем контроля | X | | X | | | X | |
|  | Условия проведения контроля и | Доступность |  | | X | | | X | |
|  | применение положений стандартов | Инфраструктура |  | |  | | | X | |
|  |  | Конкретные условия контроля |  | | X | | | X | |
|  |  | Стандарт на применение |  | | X | | | X | |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  |  | Этап производства или жизненного­ цикла объекта, на котором должен проводиться НК |  | |  | | | X |
|  |  | Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля |  | | X | | | X |
|  |  | Требования к персоналу­ НК |  | | X | | | X |
|  |  | Критерии приемки |  | |  | | | X |
|  | Способ | Состояние поверхности |  | | X | | |  |
|  | и последовательность проведения контроля | Подготовка поверхности |  | | X | | |  |
|  | Документы, оформляемые по итогам контроля |  | | X | | |  |
|  | Инструкции | Подготовка письменной методики |  | |  | | | X |
|  |  | Подготовка письменной инструкции |  | | X | | |  |
|  |  | Документация |  | |  | | | X |
|  |  | Изложение стандартов,­ правил и методик |  | |  | | | X |
| 9.6  Проведение контроля |  | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | X | |  | | |  |
| Надзор за персоналом |  | | X | | | X |
| Параметры | Подготовка объектов контроля и влияние качества поверхности | X | | X | | |  |
|  |  | — Подготовка поверхности | X | | X | | |  |
|  |  | Размагничивание | X | | X | | | X |
|  |  | Очистка, механическая обработка | X | | X | | |  |
|  |  | Намагничивание | X | | X | | |  |
|  |  | — Оборудование | X | | X | | |  |
|  |  | — Тип тока | X | | X | | |  |
|  |  | — Тип | X | | X | | |  |
|  |  | — Время применения | X | | X | | |  |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  |  | Проверка режимовнамагничивания | X | | X | | | X |
|  |  | — Значения параметров намагничивания |  | | X | | |  |
|  |  | — Способ приложенного поля |  | | X | | | X |
|  |  | — Способ остаточной намагниченности |  | | X | | |  |
|  |  | — Использование индикаторов магнитного потока и магнетометров |  | | X | | |  |
|  |  | Способ | X | | X | | | X |
|  |  | — Правильное применение | X | | X | | |  |
|  |  | — Выбор |  | | X | | | X |
|  |  | — Сила магнитного поля |  | | X | | | X |
|  |  | — Пространственная ориентация | X | | X | | | X |
|  |  | Планирование контроля | X | | X | | | X |
|  |  | — Сетки |  | | X | | | X |
|  |  | — Охват |  | | X | | | X |
|  |  | Среда обнаружения |  | | X | | |  |
|  |  | — Правильное применение | X | | X | | | X |
|  |  | — Правильный выбор |  | | X | | | X |
|  |  | — Мокрый способ | X | | X | | |  |
|  |  | — Сухой способ | X | | X | | |  |
|  |  | — Контрастная краска | X | | X | | |  |
|  |  | Условия осмотра | X | | X | | | X |
| — Адаптация к условиямприглушенного освещения |  | | X | | |  |
| — Чистота |  | | X | | |  |
| Осмотр и индикация | X | | X | | | X |
| Запись несплошностей |  | | X | | | X |
| Отчетность | X | | X | | |  |
| Расшифровка индикаций |  | | X | | |  |
| Маркировка и отбраковка объектов контроля |  | | X | | |  |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
|  | Порядок обращения с объектами контроля | Остаточное поле | X | | X | | |  |
| — Условия, при которых необходимо ­размагничивание |  | | X | | |  |
| — Уровень остаточной намагниченности |  | | X | | |  |
| — Влияние на дальнейшее использование материала |  | |  | | | X |
| Размагничивание | X | | X | | | X |
| — Основные принципы | X | | X | | |  |
| — Промышленные методы | X | | X | | |  |
| — Влияние магнитного поля Земли |  | | X | | | X |
| — Минимальное значение ­магнитного поля согласно принципам размагничивания | X | | X | | |  |
| — Частота | X | | X | | |  |
| — Скин-эффект | X | | X | | |  |
| — Расчет намагничивающей ­катушки |  | | X | | | X |
| Очистка деталей |  | X | | X | | | X |
| 9.7  Оценка и отчетность | Классификация индикаций | Сварка |  | | X | | | X |
| Литье |  | | X | | | X |
| Ковка |  | | X | | | X |
| Ферромагнитные трубы |  | | X | | | X |
| Условия проведения контроля | Проверка выявляющей способности на контрольном образце | X | | X | | | X |
| Использование других контрольных образцов |  | | X | | | X |
| Проверка качества индикации (ISO 3059) | X | | X | | | X |
| Настройка контролирующей аппаратуры |  | | X | | | X |
| Протокол контроля партии деталей |  | | X | | |  |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | Уровень 1 | | | | Уровень 2 | | Уровень 3 | | | |
|  | | Протокол контроля | | Основы оценки | |  | |  | | | | X | |
|  | |  | | Протокол контроля | | X | | X | | | | X | |
|  | |  | | — Проверка протокола контроля | |  | | X | | | |  | |
|  | |  | | — В соответствии с письм­енной методикой | |  | |  | | | | X | |
|  | |  | | Отчет о дефектах | | X | | X | | | |  | |
|  |  | | Оценка качества индикации | |  | | X | | | X | | |
|  |  | | Принципы сохранения индикаций | |  | | X | | |  | | |
| 9.8  Оценка | Оценка индикаций | | Значимые и не значимые | | X | |  | | |  | | |
|  | Оценка | | Влияние процесса производства | |  | | X | | |  | | |
|  | несплошностей | | Влияние материала | |  | | X | | |  | | |
|  |  | | Влияние глубины | |  | | X | | | X | | |
|  |  | | Влияние формы | |  | | X | | | X | | |
|  |  | | Влияние положения | |  | | X | | | X | | |
|  |  | | Влияние ориентации | |  | | X | | | X | | |
| 9.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | | ISO 9712 | | X | | X | | | X | | |
|  |  | | Другие системы квалификации и сертификации в области НК | |  | |  | | | X | | |
|  | Документация | | Формат и объем рабочих методик | |  | |  | | | X | | |
|  |  | | Квалификация методик НК | |  | |  | | | X | | |
|  |  | | Допуск (НК инструкции, методик и персонала) | |  | |  | | | X | | |
|  |  | | Разработка письменной инструкции | |  | | X | | |  | | |
|  |  | | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | | X | |  | | |  | | |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
|  |  | Прослеживаемость документации |  | | X | | X | |
|  |  | Надежность измерений |  | | X | | X | |
|  | Знание стандартов | Выбор правильного способа |  | | X | |  | |
|  | на применение НК и стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | | X | |  | |
|  |  | Выбор метода НК |  | | X | | X | |
|  |  | Профессиональная подготовка по специальности | X | | X | | X | |
|  |  | Проверка оборудования | X | | X | | X | |
|  |  | — Концентрация средства обнаружения | X | |  | |  | |
|  |  | — Загрязнение средства обнаружения | X | |  | |  | |
|  |  | — Настройка амперметра | X | |  | |  | |
|  |  | — Контроль подъемного усилия | X | |  | |  | |
| 9.10 | Человеческий фактор | Последствия длительного пребывания в условиях приглушенного освещения |  | | X | | X | |
| Условия проведения контроля и требования по охране труда |  | Важность предоставления перерывов |  | | X | | X | |
|  |  | Важность использования очков, защищающих от ультрафиолетового излучения |  | |  | | X | |
|  | Химические реактивы | Порядок обращения с химическими реактивами (аэрозоли/пропелленты) | X | | X | | X | |
|  |  | Утилизация отработанных дефектоскопических материалов |  | | X | | X | |
|  |  | Условия окружающей среды |  | | X | | X | |

Таблица 10 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | | | | Уровень 1 | | | Уровень 2 | | Уровень 3 | | | |
|  |  | | Порядок обращения и выбраковки отработанных дефектоскопических материалов | |  | | |  | | | X | | |
|  |  | | Опасное и вредное воздействие свинцовых наконечников на электроды | |  | | | X | | |  | | |
|  |  | | Опасность отравления при работе с объектами контроля | |  | | |  | | | X | | |
|  | |  | | Опасность для здоровья, исходящая от объектов контроля | | X | | | X | | | | X | |
|  | |  | | Сертификат безопасности материала | | X | | | X | | | |  | |
|  | |  | | Обзор стандартов на применение НК и стандартов на продукцию | |  | | |  | | | | X | |
|  | |  | | Пожаробезопасность | |  | | |  | | | | X | |
|  | | Вспомогательные материалы | | Опасное и вредное ультрафиолетовое излучение | | X | | | X | | | | X | |
|  | |  | | Опасное и вредное воздействие видимого света | |  | | |  | | | | X | |
|  | |  | | Опасное и вредное воздействия электрического тока | | X | | | X | | | | X | |
|  | |  | | Ультрафиолетовые фильтры | | X | | | X | | | |  | |
|  | |  | | Требования по зрению | | X | | | X | | | | X | |
|  | |  | | — Защитные очки | | X | | | X | | | | X | |

Таблица 10 (*окончание)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | Уровень 3 | | |
| 9.11  Разработки |  | Специализированные установки и оборудование |  | | X | | |  |
|  |  | Синее актиничное освещение (альтернативные длины волн) |  | | X | | | X |
|  |  | Новые способы |  | |  | | | X |
|  |  | Творческие разработки и инновационные специализированные установки |  | |  | | | X |

10 Контроль герметичности (течеискание) (LT) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark21)одготовка по курсу течеискание должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 11](#bookmark20) и [12](#bookmark21).

Таблица 11 - Общее содержание

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 10.1 | Вводный курс по терминологии и истории течеискания (LT) | 5 | 2 | 2 |
| 10.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 9 | 6 | 8 |
| 10.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 10 | 12 | 16 |
| 10.4 | Оборудование | 15 | 14 | 12 |
| 10.5 | Предварительная информация по контролю | 5 | 4 | 10 |
| 10.6 | Проведение контроля | 49 | 50 | 29 |
| 10.7 | Оценка и отчетность | 2 | 4 | 8 |
| 10.8 | Оценка | 0 | 4 | 7 |
| 10.9 | Вопросы обеспечения качества | 5 | 2 | 5 |
| 10.10 | Разработки | 0 | 2 | 3 |

Таблица 12 - Контроль герметичности (течеискание) (LT) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | **Уровень 2** | **Уровень 3** |
| 10.1  Вводный курс по терминологии и истории течеискания (LT) | История |  | X | X | X |
| Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X |
| Какова цель НК? | X | X | X |
| На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X | X | X |
| Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X |
| Кто может проводить НК? | X | X | X |
| Основные методы НК | X | X | X |
| Назначение  течеискания (LT) | Определение | X | X | X |
| Возможность применения и ограничения | X | X | X |
| 10.2  Физические принципы и связанные знания | Физические свойства вещества | Структура вещества (основные понятия) |  | X |  |
| — Атомно-молекулярное учение |  | X |  |
| — Ионизация |  | X |  |
| — Агрегатное состояние вещества |  | X |  |
| — Молекулярная структура |  | X |  |
| — Двухатомные и одноатомные  молекулы |  | X |  |
| — Молекулярный вес |  | X |  |
| Система твердое тело-жидкость и жидкость-газ |  | X |  |
| — Изменение агрегатных состояний вещества |  | X |  |
| Основные газовые законы | X | X |  |
| — Броуновское движение |  | X |  |
| — Графики зависимости давления от объема и давления от температуры |  | X |  |
| — Закон Паскаля |  | X |  |
| — Закон Шарля | X | X |  |
| — Законы Бойля | X | X |  |
| — Закон Гей-Люссака |  | X |  |
| — Закон Дальтона о парциальном  давлении |  | X |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | | — Закон Хагена-Пуазейля |  | | X | |  | |
| — Формула идеального газа и ее применение в расчетах утечки |  | | X | |  | |
| — средняя длина свободного пробега молекул, определение и физический смысл |  | | X | |  | |
| — Свойства газа |  | | X | |  | |
| Кинетическая теория газа (основные положения) |  | | X | |  | |
| — Закон Авогадро |  | | X | |  | |
| — Смесь газов и их концентрация |  | | X | |  | |
| — Скорость, плотность и вязкость газа |  | | X | |  | |
| Идеальный и реальный газы |  | |  | | X | |
| Давление | | Давление пара и вызываемые им физические явления в вакуумной системе |  | |  | | X | |
|  | | |  | Давление как сила, действующая на единицу площади | | X | |  | |  | |
| Основные единицы измерения давления | | X | |  | |  | |
| Давление пара | | X | |  | |  | |
| Соотношения различных единиц измерения | |  | | X | |  | |
| Типовые и обычные условия | |  | | X | |  | |
| Расчет давления в кинетической теории газов | |  | |  | | X | |
| Соотношение между средней длиной свободного пробега молекул и давлением газа | |  | |  | | X | |
| Закон идеального газа | Формула и ее применение для расчета утечки | |  | |  | | X | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  | Диапазон давлений в вакууме | Иной диапазон | | X | |  | |  |
| Соотношение между средней длиной свободного пробега молекул и степенью вакуума | |  | |  | | X |
| Поток в вакууме | Определение | | X | | X | |  |
| Утечка как поток | | X | |  | |  |
| Параметры потока | |  | | X | |  |
| — Соотношение между средней длиной свободного пробега молекул и потоком | |  | | X | |  |
| — Вязкое течение | |  | | X | |  |
| — Молекулярный поток | |  | | X | |  |
| — Молекулярно-вязкостный поток | |  | | X | |  |
| — Поток в кинетической теории газов | |  | |  | | X |
| — Факторы, влияющие на поток газа | |  | |  | | X |
| — Величина утечки с учетом вязкости | |  | |  | | X |
| — сопоставление числа Рейнольдса и числа Кнудсена | |  | |  | | X |
| — геометрия и размеры капиллярного канала утечки | |  | |  | | X |
| — Проницаемость | |  | |  | | X |
| — Капиллярный | |  | |  | | X |
| Измерение утечки | Холла | | X | |  | |  |
| — Соотношения | |  | | X | |  |
| Проводимость в вакууме | Определение и физический смысл явления | |  | | X | |  |
| Расчет проводимости | |  | | X | | X |
| — Номограмма или упрощенные формулы | |  | | X | |  |
| Поток и проводимость | |  | |  | | X |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  | Дегазация | Практическое значение | | X | |  | |  |
| Практические закономерности и базовые принципы | |  | | X | |  |
| Варианты поведения газа | |  | |  | | X |
| Материал | |  | |  | | X |
| Скорость вакуумирования | Определение и физический смысл явления | |  | | X | |  |
| Расчеты скорости вакуумирования | |  | |  | | X |
| Ложная и реальная течь | Общие представления | | X | |  | |  |
|  |  | Различия | | X | |  | |  |
| Источники реальной и ложной течей  в зависимости от давления и временного периода | |  | | X | |  |
| Расчет влияния ложной течи на контроль изменения давления | |  | |  | | X |
| 10.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | Методы течеискания | Локализация течи | | X | |  | |  |
| Измерение утечки | | X | |  | |  |
| Приемлемый/неприемлемый результат контроля | | X | |  | |  |
| Контроль утечек | | X | |  | |  |
| Требования | |  | | X | |  |
| Чувствительность | |  | | X | |  |
| Подготовка объекта контроля | Чистота | | X | |  | |  |
| — Методики очистки и их влияние на выявление течей и измерения | | X | |  | |  |
| Герметичный объект контроля, заполненный или незаполненный пробным газом | |  | | X | |  |
| Объект, недоступный для контроля с одной или  обеих сторон | |  | | X | |  |
| Объект контроля, работающий под давлением выше или ниже атмосферного | |  | | X | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  | Технические спецификации и возможности способа | Пузырьковый способ контроля | | X | |  | |  |
| — Принципы пузырьковых  способов контроля | | X | |  | |  |
| — Способ с погружением в жидкость | | X | |  | |  |
| — Способ с применением жидкости | | X | |  | |  |
| — Используемые физические принципы | |  | | X | |  |
| Способы изменения давления | Основополагающие принципы  проведения контроля | | X | |  | |  |
| — Выдержка под давлением | | X | |  | |  |
| — Вакуумирование | | X | |  | |  |
| Принципы обнаружения негерметичности при  использовании манометрического способа | |  | | X | |  |
| — Способ контроля снижения давления | |  | | X | |  |
| — Способ контроля повышения давления | |  | | X | |  |
| — Способ контроля изменения давления | |  | | X | |  |
| — Способ контроля измерением расхода | |  | | X | |  |
| Различия между контролем опрессовкой и вакуумированием с учетом законов идеального газа | |  | |  | | X |
| Терминология контроля герметичности  с применением давления | |  | |  | | X |
| Масс-спектрометрический способ | Принципы обнаружения негерметичности | | X | |  | |  |
| Использование гелия в качестве пробного газа | | X | |  | |  |
| Течеискатели | | X | |  | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | Поток пробного газа в объект (способы группы А) | X | |  | |  | |
| Поток пробного газа из объекта (способы группы В) | X | |  | |  | |
| Химические или физические  свойства течеискателей | Принципы обнаружения негерметичности при натекании пробного газа в объект контроля - Способы группы А |  | | X | |  | |
| Локальная течь |  | | X | |  | |
| — Способ с использованием распылителя |  | | X | |  | |
| — Вакуумный способ (локальный) |  | | X | |  | |
| — Вакуумный способ (парциальный) |  | | X | |  | |
| — Контроль давления в колоколе |  | | X | |  | |
| Суммарная негерметичность |  | | X | |  | |
| — Вакуумный способ (полный) |  | | X | |  | |
| — Контроль давления в колоколе |  | | X | |  | |
| — Способ контроля повышения давления |  | | X | |  | |
| — Способ контроля измерением расхода |  | | X | |  | |
| Принципы обнаружения негерметичности при утечке пробного газа из объекта контроля - Способы группы В |  | | X | |  | |
| Локальная течь |  | | X | |  | |
| — Химический контроль аммиаком |  | | X | |  | |
| — Вакуумная камера, использующая внутренний индикаторный газ |  | | X | |  | |
| — Способ всасывания |  | | X | |  | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | — Пузырьковый способ с вакуумной камерой |  | | X | |  | |
| — Способ давления путем накопления |  | | X | |  | |
| — Контроль давления в колоколе |  | | X | |  | |
| Суммарная негерметичность |  | | X | |  | |
| — Пузырьковый способ – погружением |  | | X | |  | |
| — Пузырьковый способ с пенообразованием |  | | X | |  | |
| — Способ накопления при атмосферном давлении для всего объекта контроля |  | | X | |  | |
| — Способ наддув-откачка  (контроль способом обдува) |  | | X | |  | |
| — Способ вакуумной камеры |  | | X | |  | |
| — Контроль давления в колоколе |  | | X | |  | |
| — Способ контроля давления в колоколе |  | | X | |  | |
| — Способ контроля измерением расхода |  | | X | |  | |
| Метод испытания | Основные положения | X | |  | |  | |
| Выбор критериев |  | | X | | X | |
| 10.4  Оборудование | Вакуумметры манометры | Выбор приборов с учетом различных  давлений газов | X | |  | |  | |
| Приборы для измерения полного и парциального давления | X | |  | |  | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | Абсолютные и дифференциальные манометры | |  | | X | |  |
| Первичные и вторичные эталонные манометры | |  | | X | |  |
| Физические принципы работы различных измерительных приборов | |  | | X | |  |
| Механические манометры | Способы снятия показаний давления для мембранных манометров | | X | |  | |  |
| Пружинный манометр Бурдона | |  | | X | |  |
| — Принципы и действия | |  | | X | |  |
| — Влияние атмосферы | |  | | X | |  |
| Мембранный манометр | |  | | X | |  |
| — Принципы и действия | |  | | X | |  |
| — Влияние атмосферы | |  | | X | |  |
| Емкостной манометр | |  | | X | |  |
| — Принципы и действия | |  | | X | |  |
| — Влияние температуры | |  | | X | |  |
| Точность различных измерительных  приборов | |  | |  | | X |
| U-образный манометр и компрессионный манометр Мак-Леода | Принципы и действия | |  | | X | |  |
| Вакуумметр сопротивления (манометр Пирани) и термопарные манометры | Способы снятия показаний давления | | X | |  | |  |
| Критерии монтажа | | X | |  | |  |
| Принципы и действия различных газов | |  | | X | |  |
| Точность и настройка для различных газов | |  | |  | | X |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | **Уровень 3** |
|  | Ионизационные вакуумметры с холодным и горячим катодами | Способы снятия показаний давления | X | |  | |  |
| Критерии монтажа | X | |  | |  |
| Принципы и действия различных газов |  | | X | |  |
| Точность и настройка для различных газов |  | |  | | X |
| Вакуумные насосы | Используемый физический принцип |  | |  | | X |
| Типы насосов для различных степеней вакуума | X | |  | |  |
| Классификация и выбор вакуумных насосов |  | | X | |  |
| — Производительность насоса |  | | X | |  |
| — Предельные давления |  | | X | |  |
| — Степени разряжения |  | | X | |  |
| — Скорость откачки |  | | X | |  |
| — Выпускное давление |  | | X | |  |
| Ротационные и поршневые  насосы | Используемый физический принцип |  | |  | | X |
| Производительность | X | |  | |  |
| Техническое обслуживание | X | |  | |  |
| Балластный газ | X | |  | |  |
| Расчет времени откачки  для различных объемов |  | | X | | X |
|  |  | — Влияние теплопроводности |  | |  | | X |
| Вакуумный насос Рутса | Используемый физический принцип |  | |  | | X |
| Оценка размера |  | | X | |  |
| Установка |  | | X | |  |
| Техническое обслуживание |  | | X | |  |
| Расчет времени откачки  для различных объемов |  | |  | | X |
| — Влияние теплопроводности |  | |  | | X |
| Диффузиозный насос | Используемый физический принцип |  | |  | | X |
| Оценка размеров и различных вариантов применения |  | | X | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | Оценка размера для форвакуумного  насоса | |  | | X | |  |
| Установка | |  | | X | |  |
| Техническое обслуживание | |  | | X | |  |
| Турбомолекулярный  насос | Используемый физический принцип | |  | |  | | X |
| Параметры | | X | |  | |  |
| Техническое обслуживание | | X | |  | |  |
| Оценка размеров и различных вариантов применения | |  | | X | |  |
| Оценка размера для форвакуумного  насоса | |  | | X | |  |
| Установка | |  | | X | |  |
| Вентиль | Типы вентилей, применяемые в целях течеискания | | X | |  | |  |
| Техническое обслуживание | | X | |  | |  |
| Крепление | | X | |  | |  |
| Выбор вентиля для течеискания | |  | | X | |  |
| Производительность | |  | | X | |  |
| Соединительная арматура | Критерии монтажа | | X | |  | |  |
| Техническое обслуживание | | X | |  | |  |
| Выбор правильной соединительной арматуры  для течеискания | |  | | X | |  |
| Расчет диаметра и длины и влияние этих факторов | |  | | X | |  |
| Проектные критерии | |  | |  | | X |
| Материал | Выбор для различных степеней вакуума | |  | | X | |  |
| — Металл | |  | | X | |  |
| — Пластик | |  | | X | |  |
| — Стекло | |  | | X | |  |
| — Жидкая смазка | |  | | X | |  |
| — Консистентная смазка | |  | | X | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | | **Уровень 1** | | | **Уровень 2** | | | **Уровень 3** | |
| 10.5  Предварительная информация  по контролю | | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала | | X | | | X | | | X |
| — Объект, подлежащий контролю | | X | | | X | | | X |
| — Вид изготовления | | X | | | X | | | X |
|  |  | — Каталог недопустимых дефектов | | |  | | | X | | X |
| — Объем контроля | | | X | | | X | | X |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | Доступность | | |  | | | X | | X |
| Инфраструктура | | |  | | |  | | X |
| Конкретные условия контроля | | |  | | | X | | X |
| Стандарт на применение | | |  | | | X | | X |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться НК | | |  | | |  | | X |
| Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля | | |  | | | X | | X |
| Требования к персоналу НК | | |  | | | X | | X |
| Критерии приемки | | |  | | |  | | X |
| Способ и порядок проведения контроля | Состояние поверхности | | |  | | | X | |  |
| Подготовка поверхности | | |  | | | X | |  |
| Документы, оформляемые по итогам контроля | | |  | | | X | |  |
| Инструкции | Подготовка письменной  методики | | |  | | |  | | X |
| Подготовка письменной  инструкции | | |  | | | X | |  |
| Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | | | X | | |  | |  |
| Документация | | |  | | |  | | X |
| Изложение стандартов, правил и методик | | |  | | |  | | X |
| 10.6  Проведение контроля | Практика пузырькового контроля и способы | Общие требования | | | X | | |  | |  |
| — Газ | | | X | | |  | |  |
| — Пределы давления | | | X | | |  | |  |
| — Очистка | | | X | | |  | |  |
| Контрольная среда | | | X | | |  | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | **Уровень 1** | | | **Уровень 2** | | | **Уровень 3** | |
|  |  | — Контрольные среды для способов погружением (подготовка и применение) | | | X | | |  | |  |
| — Контрольные среды для способа с применением жидкости (подготовка и применение) | | | X | | |  | |  |
| — Выбор контрольных сред с учетом их физических свойств | | |  | | | X | |  |
| Выбор способов для различных областей применения | | |  | | | X | |  |
| — Контроль труб, патрубков, опорной плиты,  компрессора | | |  | | | X | |  |
| — Контроль сосудов | | |  | | | X | |  |
| — Количественная оценка утечки | | |  | | | X | |  |
| Влияние погодных факторов | | |  | | |  | | X |
| Освещение | | |  | | |  | | X |
|  | | Способ контроля  погружением | Используемые физические принципы | |  | | | X | | |  |
| Повышение давления на контрольный образец | | X | | |  | | |  |
| Сведения о создании разности давлений | | X | | |  | | |  |
| Контрольная среда для проведения контроля при повышенной температуре | | X | | |  | | |  |
| Способ с использованием вакуумной камеры | | X | | |  | | |  |
| Способ с применением жидкости | Используемые физические принципы | |  | | | X | | |  |
| Повышение давления на контрольный образец | | X | | |  | | |  |
| Вакуумный способ для объекта контроля под нормальным давлением | | X | | |  | | |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | | | | **Уровень 1** | | | **Уровень 2** | | | **Уровень 3** | | |
|  | | Использовании манометрического способа | | Общие требования | | | X | | |  | | |  | |
| Способ контроля изменения давления | | |  | | |  | | | X | |
| — Используемые физические принципы | | |  | | | X | | |  | |
| — Закон идеального газа | | |  | | | X | | |  | |
| — Способ контроля снижения давления | | Приборы измерения температуры и давления | | | X | | |  | | |  | |
| Конфигурация системы | | | X | | |  | | |  | |
| Конфигурация аппаратуры и схемы контроля | | |  | | | X | | |  | |
| Точность оборудования | | |  | | | X | | | X | |
| — Точность настройки манометров | | |  | | | X | | |  | |
| — Точность вычислений по контролю | | |  | | | X | | |  | |
| Выбор давления и температуры | | |  | | | X | | |  | |
| Влияние изменения температуры | | |  | | | X | | |  | |
| Влияние давления водяного пара | | |  | | | X | | |  | |
| Влияние изменения барометрического давления | | |  | | | X | | |  | |
| Вычисление скорости утечки | | |  | | | X | | |  | |
| Способ эталонного сосуда | | |  | | | X | | |  | |
| Вычисление величины течи на основе закона идеального газа | | |  | | | X | | |  | |
| Датчик перепада давления | | |  | | | X | | |  | |
| Способ эталонного сосуда (основные положения) | | | X | | |  | | |  | |
| Способ контроля повышения  давления | | Ложная течь | | | X | | |  | | |  | |
| — Характер воздействия | | |  | | |  | | |  | |
| — Зависимость давления от времени | | |  | | | X | | |  | |
| — Оценка | | |  | | |  | | | X | |
| Конфигурация системы | | | X | | |  | | |  | |
| Настройка | | |  | | |  | | | X | |
| Вычисление величины течи на основе закона идеального газа | | |  | | | X | | |  | |
| Выбор вакуумных манометров | | |  | | |  | | |  | |
| Выбор системы | | |  | | | X | | |  | |
| Точность вычислений по контролю | | |  | | |  | | | X | |
|  | Способ контроля изменения давления в колоколе | | Общие требования | | X | | |  | | |  | | |
| Настройка | |  | | |  | | | X | | |
| Поток воздуха в объект | |  | | | X | | |  | | |
| Поток воздуха из объекта | |  | | | X | | |  | | |
| Выбор манометров | |  | | | X | | |  | | |
| Вычисление скорости утечки | |  | | | X | | | X | | |
| Точность вычислений по контролю | |  | | |  | | | X | | |
| Способ измерения потока | | Общие требования | | X | | |  | | |  | | |
| Настройка | |  | | |  | | | X | | |
| Поток воздуха в объект | |  | | | X | | |  | | |
| Поток воздуха из объекта | |  | | | X | | |  | | |
| Выбор манометров | |  | | | X | | |  | | |
| Вычисление скорости утечки | |  | | | X | | | X | | |
| Точность вычислений по контролю | |  | | |  | | | X | | |
| Пробный газ, практика применения и способы | | Метод пробного газа | |  | | | X | | | X | | |
| Вычисление скорости утечки | |  | | | X | | |  | | |
| Выбор пробного газа и подходящего  течеискателя | |  | | | X | | |  | | |
| Критерии способов выбора для различных областей применения | |  | | | X | | |  | | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  | Масс-спектрометры | Базовые принципы, особенности изготовления масс-спектрометрического течеискателя | X | |  | |  | |
| — Магнитный или квадрупольный | X | |  | | X | |
| — Прямой ток и противоток | X | |  | |  | |
| — Насосные системы, блок электроники, наконечники, измерительные средства и т.п. | X | |  | |  | |
| — Обслуживание | X | |  | |  | |
| — Настроечные течи | X | |  | |  | |
| — Гелиевая смесь | X | |  | |  | |
| Используемые физические принципы |  | | X | |  | |
| — формула массы из отношения e/m |  | | X | |  | |
| — Масс-спектры |  | | X | |  | |
| — Магнитный |  | | X | |  | |
| — Квадрупольный |  | | X | |  | |
| — Применение общее и в целях течеискания |  | | X | |  | |
| Масс-спектрометрический течеискатель, особенности изготовления и принцип работы |  | | X | |  | |
| Возможности чувствительности для разных способов |  | | X | |  | |
| Настройки |  | | X | |  | |
| Гелиевая смесь и вычисление величины течи |  | | X | |  | |
| Вопросы технического обслуживания |  | | X | |  | |
| Масс-спектрометрия |  | |  | | X | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  |  | — Качественная | |  | |  | | X |
| — Количественная | |  | |  | | X |
| Диодный детектор ионов галогенов | Используемые базовые принципы | | X | |  | |  |
| Оборудование течеискания с галогеновыми детекторами | | X | |  | |  |
| Галогеновый детектор | | X | |  | |  |
| Используемые физические принципы | |  | | X | |  |
| Возможности чувствительности способа | |  | | X | |  |
| Критерии выбора способов для различных областей применения | |  | | X | |  |
| Скорость перемещения щупа | |  | | X | |  |
| Галогеновый фон | |  | | X | |  |
| Свойства хладагента в качестве пробного газа | |  | | X | |  |
| — Химический состав | |  | | X | |  |
| — Молекулярный вес | |  | | X | |  |
| — Поведение жидкости при переходе в газообразное состояние | |  | | X | |  |
| Настройка галогеновых  течеискателей | |  | | X | |  |
| Процентный состав галогеновых смесей | |  | | X | |  |
| Оценка чувствительности контроля | |  | | X | |  |
| Теплоэлектрические манометры | Базовые принципы | | X | |  | |  |
| Используемые физические принципы | |  | | X | |  |
| Возможности чувствительности различных способов, в ходе которых используется этот детектор | |  | | X | |  |
| Принципы работы манометра Пирани и термопарного манометров | |  | |  | | X |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | | **Уровень 1** | | **Уровень 2** | | **Уровень 3** | |
|  | Химически активные индикаторные вещества | Используемые физические принципы | |  | | X | |  |
| Возможности чувствительности способа | |  | | X | |  |
| Радиоактивные газы | |  | |  | | X |
| Газоанализаторы | Используемые физические принципы | |  | | X | |  |
| Возможности чувствительности способа | |  | | X | |  |
| Хроматография и т.п. | |  | |  | | X |
| Потоки пробного газа в объект – способы группы А | Все способы | | X | |  | |  |
| — Общие требования | | X | |  | |  |
| — Исходная конфигурация и методики | | X | |  | |  |
| — Подготовка объекта контроля | | X | |  | |  |
| — Чувствительность контроля для различных способов | |  | | X | |  |
| — Настройка | |  | | X | |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | — Вычисление скорости утечки |  | X |  |
|  | Вакуумный способ | Полный и парциальный | X |  |  |
|  |  | Локальный (распылением) | X |  |  |
|  |  | — Подготовка поверхности объекта контроля | X |  |  |
|  | Потоки пробного газа из объектов (способы группы В) | Для всех способов | X |  |  |
|  |  | — Общие требования | X |  |  |
|  |  | — Исходная конфигурация и методики | X |  |  |
|  |  | — Подготовка объекта контроля | X |  |  |
|  |  | — Чувствительность контроля для различных способов |  | X |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | **Уровень 1** | **Уровень 2** | **Уровень 3** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | — Настройка |  | X |  |
|  |  | — Вычисление скорости утечки |  | X |  |
|  | Химический контроль аммиаком | — Используемые физические принципы |  | X |  |
|  |  | — Тип реагента |  | X |  |
|  |  | — Применение реагентов |  | X |  |
|  |  | — Очистка по завершении контроля |  | X |  |
|  | Вакуумная камера, использующая внутренний индикаторный газ |  |  |  |  |
|  | Вакуумная камера с использованием индикаторного газа на противоположной стороне |  |  |  |  |
|  | Способ давления путем накопления с применением способа всасывания | Подготовка объекта контроля | X |  |  |
|  |  | Настройка (в случае необходимости) |  | X |  |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | **Уровень 1** | **Уровень 2** | **Уровень 3** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Базовые положения, касающиеся способа наддува-откачки (бомбардирование) | | Подготовка объекта контроля | |  | | X | |  | |
| Исходная конфигурация и методики | |  | | X | |  | |
| Вычисление скорости утечки | |  | | X | |  | |
| Способ вакуумной камеры | |  | |  | |  | |  | |
| 10.7  Оценка и отчетность | Заполнение протокола контроля | |  | | X | |  | |  | |
| Анализ результатов и оценка на основе критериев приемки и применяемых процедур | |  | |  | | X | | X | |
| Совмещение методик течеискания | | Ссылочные стандарты и другие документы | |  | | X | | X | |
| Процедура реализации способа и модульные ­блоки для подготовки проекта протокола контроля | |  | |  | | X | |
| 10.8  Оценка | Анализ с применением альтернативных способов или методов | |  | |  | | X | |  | |
| Оценка критериев приемки в сотрудничестве с инженером, отвечающим за проект, и представителями инженерно-технического состава от производителя | |  | |  | |  | | X | |
|  | | Анализ эргономичности с применением альтернативных способов или методов | |  | |  | |  | | X | |

Таблица 12 (*продолжение*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | **Уровень 1** | **Уровень 2** | **Уровень 3** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | ISO 9712 | X | X | X |
|  |  | Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  |  | X |
|  | Документация | Формат и объем рабочих методик |  |  | X |
|  |  | Квалификация методик НК |  |  | X |
|  |  | Допуск (НК ­инструкции, методик и персонала) |  |  | X |
|  |  | Разработка письменных инструкций |  | X |  |
|  |  | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X |  |  |
|  |  | Прослеживаемость документации |  | X | X |
|  |  | Надежность измерений |  | X | X |
|  | Знание | Выбор правильного способа |  | X |  |
|  | стандартов на применение НК и стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | X |  |
|  | Выбор метода НК |  | X | X |
|  | Профессиональная подготовка по специальности | X | X | X |
|  |  | Проверка оборудования | X | X | X |
| 10.10  Разработки | Специализированные промышленные установки |  |  | X |  |
|  | Новые разработки для промышленности и научно-исследовательской деятельности |  |  |  | X |

11 Акустико-эмиссионный контроль (АТ) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark24)одготовка по курсу акустического контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 13](#bookmark23) и [14](#bookmark24).

Таблица 13 - Общее содержание

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Общие сведения | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| Вводный курс по терминологии и истории акустико-эмиссионного контроля (АT) | 1 | 1 | 2 |
| 11.2 Физические принципы метода и связанные с ним знания | 8 | 12 | 14 |
| 11.3 Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 11 | 12 | 12 |
| 11.4 Оборудование | 14 | 16 | 13 |
| 11.5 Предварительная информация по контролю | 11 | 13 | 24 |
| 11.6 Проведение контроля | 42 | 18 | 4 |
| 11.7 Оценка и отчетность | 11 | 15 | 8 |
| 11.8 Оценка | 1 | 8 | 10 |
| 11.9 Аспекты качества | 1 | 2 | 5 |
| 11.10 Разработки | 0 | 3 | 8 |

Примечание - Учебные часы по акустико-эмиссионному контролю не включают курс подготовки по технике безопасности при проведении испытаний под давлением.

Таблица 14 — Акустико-эмиссионный контроль (АТ) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | |  | | | | | | **Уровень 1** | | | **Уровень 2** | | | **Уровень 3** | | |
| 11.1  Вводный курс по терминологии и истории акустико-эмиссионного контроля (АT) | | | История | | |  | | | X | | | X | | | X | | |
| Цель НК | | | Что такое контроль? | | | X | | | X | | | X | | |
| Какова цель НК? | | | X | | | X | | | X | | |
| На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | | | X | | | X | | | X | | |
| Откуда появляется добавленная стоимость? | | | X | | | X | | | X | | |
| Кто может проводить НК? | | | X | | | X | | | X | | |
| Основные методы НК | | | X | | | X | | | X | | |
| Назначение акустико-  эмиссионного контроля (АТ) | | | Определение | | | X | | | X | | | X | | |
| Возможность применения и ограничения | | | X | | | X | | | X | | |
| Соответствующие стандарты | | | ISO 12716 | | | X | | | X | | | X | | |
| 11.2  Физические принципы и связанные знания | | | Физические принципы акустико-эмиссионного контроля  (механизм, аналогичный землетрясениям) | | | Соответствующие стандарты | | | X | | |  | | |  | | |
| Общие принципы | | | X | | |  | | |  | | |
| Обзорный материал | | | X | | |  | | |  | | |
| Визуальная демонстрация | | | X | | |  | | |  | | |
| Диапазон частот | | |  | | | X | | |  | | |
| Характеристики источника | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние дислокации | | |  | | |  | | | X | | |
| Влияние напряженного состояния материала на волны | | |  | | |  | | | X | | |
| Виды разрушения | | |  | | |  | | | X | | |
| Параметры акустико-эмиссионного контроля | | | Дискретная акустическая эмиссия | | | X | | |  | | |  | | |
| Непрерывная акустическая эмиссия | | | X | | |  | | |  | | |
| Амплитуда | | | X | | |  | | |  | | |
| Диапазон частот | | | X | | |  | | |  | | |
| Влияние размера источника | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние скорости источника | | |  | | | X | | |  | | |
| Рост источника | | |  | | | X | | |  | | |
| Нагружение | | |  | | | X | | |  | | |
| — Тип нагружения | | |  | | | X | | |  | | |
| — Влияние повторных нагружений | | |  | | |  | | | X | | |
| Эффект Кайзера | | | X | | | X | | |  | | |
| — Общее понимание | | | X | | |  | | |  | | |
| — В различных материалах | | |  | | | X | | |  | | |
|  | | |  | | | Акустико-эмиссионный контроль в период выдержки под нагрузкой | | |  | | |  | | | X | | |
| Эффект Фелисити | | |  | | |  | | | X | | |
| Коэффициент Фелисити | | |  | | |  | | | X | | |
| Источники акустико-  эмиссионного контроля | | | Металлы | | | X | | | X | | | X | | |
| Композитные материалы | | | X | | | X | | | X | | |
| Прочие материалы | | | X | | | X | | | X | | |
| Дислокация | | | X | | | X | | | X | | |
| Пластическая деформация | | | X | | | X | | | X | | |
| Включения | | | X | | | X | | | X | | |
| Развтие трещины | | | X | | | X | | | X | | |
| — Критический и субкритический рост | | | X | | | X | | | X | | |
| — Усталостная трещина | | | X | | | X | | | X | | |
| — Развитие вязкой трещины | | | X | | | X | | | X | | |
| Коррозия | | | X | | | X | | | X | | |
| — Коррозионное растрескивание под напряжением | | | X | | | X | | | X | | |
| Трение поверхностей трещины | | | X | | | X | | | X | | |
| Утечка | | | X | | | X | | | X | | |
| Механическое трение | | | X | | | X | | | X | | |
| Незакрепленные части | | | X | | | X | | | X | | |
| Необнаруживаемые источники | | | X | | | X | | | X | | |
| Прочее | | |  | | |  | | | X | | |
| Распространение волны | | | Виды упругих волн | | | X | | |  | | |  | | |
| Продольные волны | | | X | | |  | | |  | | |
| Поперечные волны | | | X | | |  | | |  | | |
| Волны Рэлея | | | X | | |  | | |  | | |
| Волны Лэмба | | |  | | | X | | |  | | |
| Параметры волны | | | X | | |  | | |  | | |
| Волновое движение и скорость | | |  | | | X | | |  | | |
| Трансформация моды волн | | |  | | | X | | |  | | |
| Отражение и преломление | | |  | | | X | | |  | | |
| Затухание волны | | |  | | | X | | |  | | |
| — Зависимость затухания от частоты | | |  | | |  | | | X | | |
| Дисперсия волн | | |  | | | X | | |  | | |
| Дифракция | | |  | | |  | | | X | | |
| Влияние геометрии | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние тени | | |  | | | X | | |  | | |
| Распространение волн в анизотропных средах | | |  | | |  | | | X | | |
| Распространение волн в жидких средах | | |  | | |  | | | X | | |
| Влияние жидких сред | | |  | | |  | | | X | | |
| Определение расположения источника | | | Определение местоположения одним преобразователем | | | X | | |  | | |  | | |
| Линейная локация с дельта-t | | | X | | |  | | |  | | |
| Планарная локация с дельта-t | | | X | | |  | | |  | | |
|  | | |  | | | Непрерывная акустическая эмиссия | | | X | | |  | | |  | | |
| Детализация алгоритма | | |  | | |  | | | X | | |
| — Зонная локация (знание  алгоритма) | | |  | | | X | | |  | | |
| Тонкостенные и толстостенные  структуры | | |  | | | X | | |  | | |
| Неопределенность местоположения | | |  | | | X | | |  | | |
| Трехмерная локация | | |  | | |  | | | X | | |
| Блокировочные преобразователи | | |  | | | X | | |  | | |
| Взаимная корреляция | | |  | | |  | | | X | | |
| Взаимосвязи с соседними зонами | | |  | | |  | | | X | | |
| Точность локации, основанные на проведенном анализе | | |  | | |  | | | X | | |
| 11.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | | | Области применения акустико-эмиссионного контроля | | | Обзор различных структур | | | X | | |  | | |  | | |
| — Оборудование, работающее под давлением | | |  | | | X | | |  | | |
| — Емкости-хранилища | | |  | | | X | | |  | | |
| — Трубопроводы и трубопроводные системы | | |  | | | X | | |  | | |
| — Машины | | |  | | |  | | | X | | |
| — Прочие объекты | | |  | | |  | | | X | | |
| Обзор различных материалов | | | X | | |  | | |  | | |
| Течеискание | | |  | | | X | | |  | | |
| Возможности при нагружении | | |  | | |  | | | X | | |
| — Влияние нагружения | | |  | | |  | | | X | | |
| Основы материаловедения и базовые знания механических свойств | | | Ползучесть | | |  | | | X | | |  | | |
| Сварка | | |  | | | X | | |  | | |
| Механика разрушения | | |  | | |  | | | X | | |
| Значимые испытания для проверки свойств материалов | | |  | | |  | | | X | | |
| Оборудование, работающее под давлением | | | Обычный порядок контроля оборудования, работающего под давлением | | | X | | |  | | |  | | |
| Преимущества и недостатки акустико-эмиссионного контроля оборудования, работающего под давлением | | |  | | | X | | |  | | |
| Отличия акустико-эмиссионного контроля от других способов контроля | | |  | | |  | | | X | | |
| Стандарты, нормы и правила на продукцию | | | Обзор соответствующих стандартов, касающихся акустико-эмиссионного контроля | | | X | | |  | | |  | | |
| Стандарты на продукцию и их влияние на акустико-эмиссионный контроль | | |  | | | X | | |  | | |
| Директивы по оборудованию,  работающему при нормальном давлении | | |  | | |  | | | X | | |
| Соответствующие стандарты, касающиеся акустико-эмиссионного контроля | | |  | | |  | | | X | | |
| 11.4  Оборудование | | | Приборов | | | Пьезоэлектричество | | | X | | |  | | |  | | |
| Устройство | | | X | | |  | | |  | | |
| Частотная характеристика | | | X | | |  | | |  | | |
| Широкополосные и резонансные  преобразователи | | | X | | |  | | |  | | |
| Акустический контакт и чувствительность | | | X | | |  | | |  | | |
| Встроенный электронный блок | | | X | | |  | | |  | | |
| С одним входом/дифференциальным входом | | | X | | |  | | |  | | |
| Разъемы | | | X | | |  | | |  | | |
| Кабели | | | X | | |  | | |  | | |
| Методы настройки | | |  | | | X | | |  | | |
| Выбор преобразователя | | |  | | | X | | |  | | |
| Контур заземления | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние температуры | | |  | | | X | | |  | | |
| Акустический импеданс | | |  | | | X | | |  | | |
| Волновод | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние преобразователя на искажение сигнала | | |  | | |  | | | X | | |
| Настройка методом взаимности  (ISO/TR 13115) | | |  | | |  | | | X | | |
| Специализированные преобразователи | | |  | | |  | | | X | | |
| Экранирование | | |  | | |  | | | X | | |
| Согласование акустических импедансов | | |  | | |  | | | X | | |
| Чувствительность к шумам | | |  | | |  | | | X | | |
| Имитаторы источников АЭ | | |  | | |  | | | X | | |
| Предусилители | | | С одним входом/дифференциальным входом | | | X | | |  | | |  | | |
| Единица усиления (шкала дБ) | | | X | | |  | | |  | | |
| Электронный шум | | | X | | |  | | | X | | |
| Фильтры | | | X | | |  | | |  | | |
| — Типы фильтров | | |  | | |  | | | X | | |
| — Выбор частотного фильтра | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние длины кабельных линий | | |  | | | X | | |  | | |
| Подавление синфазной составляющей | | |  | | | X | | |  | | |
| Насыщение сигнала | | |  | | | X | | |  | | |
| Входная мощность | | |  | | |  | | | X | | |
| Обработка сигналов | | | Параметры акустико-эмиссионного  контроля (ISO 12716) | | |  | | | X | | |  | | |
| Энергия (действительная, по площади под огибающей, альтернативные виды) | | |  | | | X | | |  | | |
| Непрерывная акустическая эмиссия | | | X | | |  | | |  | | |
| Дискретная акустическая эмиссия | | | X | | |  | | |  | | |
| Фоновый шум | | | X | | |  | | |  | | |
| Средний уровень акустического сигнала | | | X | | |  | | |  | | |
| Среднеквадратичное значение | | | X | | |  | | |  | | |
| Амплитуда | | | X | | |  | | |  | | |
|  | | |  | | | Пороговое значение | | | X | | |  | | |  | | |
| Сопоставление одноканальной и многоканальной системы | | | X | | |  | | |  | | |
| Скорость сбора данных | | |  | | | X | | |  | | |
| Оцифровка формы сигнала | | |  | | | X | | |  | | |
| Запись формы сигнала | | |  | | | X | | |  | | |
| Сравнение цифрового и аналогового сигналов | | |  | | |  | | | X | | |
| Определение и выбор параметров системы | | |  | | |  | | | X | | |
| Типы распределений | | |  | | |  | | | X | | |
| Спектральный анализ | | |  | | |  | | | X | | |
| Огибающая сигнала | | |  | | |  | | | X | | |
| Измерение в непрерывном режиме | | |  | | |  | | | X | | |
| Системы, предназначенные для промышленного применения | | |  | | |  | | | X | | |
| Определение расположения источника  обработка | | | Алгоритм | | | X | | | X | | | X | | |
| — Общий обзор | | | X | | |  | | |  | | |
| — Сведения | | |  | | | X | | |  | | |
| — Подробности | | |  | | |  | | | X | | |
| — Выбор | | |  | | | X | | |  | | |
| Линейная локация | | | X | | |  | | |  | | |
| Зонная локация | | | X | | |  | | |  | | |
| Амплитудная локация или локация источника, основанная на ослаблении сигнала | | | X | | |  | | |  | | |
| Планарная локация | | | X | | |  | | |  | | |
| Трехмерная локация | | |  | | | X | | |  | | |
| Неопределенность местоположения | | |  | | | X | | |  | | |
| Блокировочные каналы | | |  | | | X | | |  | | |
| Влияние моды волны | | |  | | |  | | | X | | |
| Взаимосвязи с соседними зонами | | |  | | |  | | | X | | |
| Способ взаимной корреляции | | |  | | |  | | | X | | |
| Факторы, влияющие на ошибки в определении местоположения | | |  | | |  | | | X | | |
| Расширенная  обработка сигналов | | | Внешние параметры | | | X | | |  | | |  | | |
| Графики распределения | | | X | | |  | | |  | | |
| Графики взаимной корреляции конкретных параметров | | | X | | |  | | |  | | |
| Алгоритм быстрого преобразования Фурье | | |  | | | X | | |  | | |
| Выделение признаков сигнала | | |  | | | X | | |  | | |
| Временные соображения | | |  | | | X | | |  | | |
| Распознавание образов | | |  | | |  | | | X | | |
| Усреднение сигнала | | |  | | |  | | | X | | |
| Запись волновой картины взаимной корреляции | | |  | | |  | | | X | | |
| Настройка оборудования | | | Проверка преобразователей в лаборатории | | | X | | |  | | |  | | |
| Настройка преобразователей в лаборатории | | |  | | | X | | |  | | |
| Проверка в лаборатории систем  контроля акустической эмиссией | | | X | | |  | | |  | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Настройка в лаборатории систем контроля акустической эмиссией |  | X |  |
| Применяемые стандарты |  | X |  |
| Различные методики ­настройки |  |  | X |
| Основы информатики | Знания о компьютерах и их использовании | X |  |  |
| Знания о программном обеспечении |  | X |  |
| 11.5  Предварительная информация по контролю | Информация об объекте контроля | Характерные особенности или обозначение материала | X | X | X |
| — Объект, подлежащий контролю | X | X | X |
| — Вид изготовления | X | X | X |
| — Каталог недопустимых дефектов |  | X | X |
| — Объем контроля | X | X | X |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | Доступность |  | X | X |
| Инфраструктура |  |  | X |
| Конкретные условия контроля |  | X | X |
| Стандарт на применение |  | X | X |
| Этап производства или жизненного цикла­ объекта, на котором должен проводиться НК |  |  | X |
| Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля |  | X | X |
| Требования к персоналу НК |  | X | X |
| Критерии приемки |  |  | X |
| Способ и последовательность проведения контроля | Состояние поверхности |  | X |  |
| Подготовка поверхности |  | X |  |
| Документы, оформляемые по итогам контроля |  | X |  |
| Инструкции | Подготовка письменной методики |  |  | X |
| Подготовка письменной инструкции |  | X |  |
| Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | X |  |  |
| Документация |  |  | X |
| Изложение стандартов, правил и методик |  |  | X |
| 11.6 Проведение контроля | Конфигурация оборудования | Размещение преобразователей | X |  |  |
| Проверка оборудования | X |  |  |
| Определение шумов | X |  |  |
| — Устранение шумов | X |  |  |
| Измерение скорости и затухания | X |  |  |
| Местоположение источников и имитаторов | X |  |  |
| Устранение шумов | X |  |  |
| Факторы, влияющие на выбор испытательного оборудования |  | X |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Методика нагружения и действия  в ходе проведения контроля |  |  | X |
| Проведение контроля | Методика нагружения | X | X |  |
| Действия в ходе процесса проведения испытаний | X | X |  |
| Порядок сбора и отображения данных во время контроля | Сбор данных | X |  |  |
| Значимость графиков для отображения данных (с функцией времени, с функцией нагружения, координатами источника, взаимной корреляции) | X |  |  |
| Проверка с эталонами | X |  |  |
| Проверка точности определения местоположения имитатора | X |  |  |
| Определение критериев приемки |  | X |  |
| Выбор графиков, взаимная корреляция и распределения |  | X |  |
| Оценка в режиме онлайн |  |  | X |
| Необходимые действия  в ходе проведения испытаний | Критерии прекращения испытаний | X |  |  |
| Использование других методов НК для проверки источников акустической эмиссии, выявленных при контроле в режиме онлайн |  | X |  |
| Трактовка и сопоставление результатов, полученных при обнаружении источника в ходе акустико-эмиссионного контроля, и при использовании иного приемлемого метода НК |  |  | X |
| 11.7  Оценка и  отчетность | Отображение данных | Временные зависимости | X |  |  |
| Зависимости от нагружения | X |  |  |
| Параметрические зависимости | X |  |  |
| Локации источников | X |  |  |
| Графики распределения | X |  |  |
| Графики взаимной корреляции конкретных параметров | X |  |  |
| Взаимная корреляция источников  акустической эмиссии |  | X |  |
| Перспективные методы отображения данных (распознавание образцов) |  |  | X |
| Интерпретация данных | Шум и иные несоответствующие проявления | X |  |  |
| Режимы акустико-эмиссионного контроля  в зависимости от приложенной нагрузки | X |  |  |
| Постобработка и  фильтрация шумов |  | X |  |
| Активность источника |  | X |  |
| Перспективные способы фильтрации |  |  | X |
| Оценка данных | Существенные источники |  | X |  |
| Критичность источников |  | X |  |
| Перспективные процессы оценки |  |  | X |
| Документальное оформление  результатов контроля | Отчетные документы по результатам контроля | X |  |  |
| Составление протокола контроля согласно соответствующим стандартам |  | X |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11.8  Оценка | Стандарты на продукцию и критерии приемки | Включение критериев приемки­ в инструкцию по контролю |  | X |  |
|  |  | Включение критериев приемки­ в инструкцию по контролю |  |  | X |
|  |  | Трактовка критериев приемки,­ содержащихся в стандартах на продукцию |  |  | X |
|  | Оценка источника акустической эмиссии | Основные принципы проверки подлинности источника | X |  |  |
|  | и результатов контроля | Зависимость контроля акустической эмиссией от физических источников |  | X |  |
|  |  | Объяснение взаимосвязи между акустико-эмиссионным контролем и физическими источниками |  |  | X |
|  |  | Передовые способы обработки данных |  |  | X |
| 11,9  Вопросы обеспечения качества | Персонал | ISO 9712 | X | X | X |
| персонала | Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  |  | X |
|  | Документация | Формат и объем рабочих методик |  |  | X |
|  |  | Квалификация методик НК |  |  | X |
|  |  | Допуск (НК инструкции, методик и персонала) |  |  | X |
|  |  | Разработка письменной инструкции |  | X |  |
|  |  | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X |  |  |
|  |  | Прослеживаемость документации |  | X | X |
|  |  | Надежность измерений |  | X | X |
|  | Знание стандартов на | Выбор правильного способа |  | X |  |
|  | применение НК и­ стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | X |  |
|  | Выбор метода НК |  | X | X |
|  |  | Профессиональная подготовка по специальности | X | X | X |
|  |  | Проверка оборудования | X | X | X |
| 11.10  Разработки | Новые разработки в области контроля ­акустической эмиссией и смежных способах НК | Новые разработки в области НК (различия) |  |  | X |

12 Визуальный контроль (VT) – Уровни 1, 2 и 3

Подготовка по курсу визуального контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 15](#bookmark26) и [16](#bookmark27).

Таблица 15 - Общее содержание

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание | | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 12.1 | Вводный курс по терминологии и истории визуального контроля (VT) | 3 | 4 | 8 |
| 12.2 | Физические принципы метода и связанные с ним знания | 3 | 12 | 10 |
| 12.3 | Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 18 | 13 | 8 |
| 12.4 | Оборудование | 12 | 8 | 8 |
| 12.5 | Предварительная информация по контролю | 3 | 8 | 21 |
| 12.6 | Проведение контроля | 12 | 12 | 5 |
| 12.7 | Оценка и отчетность | 37 | 19 | 10 |
| 12.8 | Оценка | 3 | 4 | 2 |
| 12.9 | Вопросы обеспечения качества | 6 | 12 | 22 |
| 12.10 | Разработки | 3 | 8 | 6 |

Таблица 16 – Визуальный контроль (VT) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 12.1 | История |  | X | X | X |
| Вводный курс по ­терминологии и истории визуального контроля (VT) | Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X |
|  | Какова цель НК? | X | X | X |
|  |  | На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X | X | X |
|  |  | Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X |
|  |  | Кто может проводить НК? | X | X | X |
|  |  | Основные методы НК | X | X | X |
|  | Назначение визуального | Определение | X | X | X |
|  | контроля (VT) | Возможность применения и ограничения | X | X | X |
|  |  | Углубленный обзор применений визуального контроля | X | X |  |
|  |  | Использование визуального контроля в качестве дополнения к другим методам НК | X | X |  |
|  | Терминология |  | X | X | X |
| 12.2  Физические принципы и | Основные положения | Цели и принципы визуального контроля | X | X |  |
| связанные знания |  | Исчерпывающие сведения и понимание физических принципов и физики света | X | X | X |
|  |  | Оптические явления | X | X |  |
|  |  | — Поляризация света | X | X |  |
|  |  | — Стробоскопические принципы | X | X |  |
|  |  | — Дисперсия | X | X |  |
|  |  | — Преломление и показатель преломления | X | X |  |
|  |  | — Отражение | X | X |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | — Флуоресценция | | X | | X | |  | |
| — Преимущества и недостатки оптического излучения различных длин волн (УФ, ИК), включая цветовую температуру | | X | | X | | X | |
| Зрение | | Глаз | | X | | X | |  | |
| — Функционирование | | X | | X | |  | |
| — Строение | | X | | X | |  | |
| — Ограничения зрения | | X | | X | |  | |
| — Адаптация и аккомодация глаза | | X | | X | |  | |
| — Нарушение зрительной функции | | X | | X | |  | |
| — Диапазоны человеческого зрения | | X | | X | | X | |
| — Влияния нарушения зрения | | X | | X | | X | |
| Освещение | | Пропускание света | | X | | X | |  | |
| Отражение | | X | | X | |  | |
| Поглощение | | X | | X | |  | |
| Физика света | | X | | X | |  | |
| Электромагнитное излучение | | X | | X | |  | |
| Волновой диапазон видимого света | | X | | X | |  | |
| Типы источников освещения | | X | | X | | X | |
| — Естественный | | X | | X | | X | |
| — Искусственный, включая лазер | | X | | X | | X | |
| Светодиодные источники освещения (преимущества и недостатки) | |  | |  | |  | |
| — Различные длины волн оптического излучения (УФ, ИК) | |  | |  | | X | |
| — Цветовая температура | |  | | X | | X | |
| — Светодиодные источники освещения | | X | | X | | X | |
| Фотометрия | | X | | X | |  | |
| Уровни освещенности | | X | | X | |  | |
| Измерение уровня освещенности | | X | | X | |  | |
| Светимость | | X | | X | |  | |
| — Уровни освещенности | | X | | X | |  | |
| — Способы освещения | | X | | X | |  | |
| — Контраст | | X | | X | |  | |
| Принципы оптики | | Принципы действия линз | |  | | X | |  | |
| Принципы действия луп | |  | | X | |  | |
| Построение изображения | |  | | X | |  | |
| Мнимые изображения | |  | | X | |  | |
| Хроматическая аберрация | |  | | X | |  | |
| Геометрические искажения | |  | | X | |  | |
| Принципы получения увеличенного изображения | |  | | X | |  | |
| Принципы работы камеры и фотодатчика | | Оптические фильтры | |  | |  | | X | |
| Построение цифровых изображений и сопутствующие проблемы | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Обработка изображения | |  | |  | | X | |
| Анализ изображения | |  | |  | | X | |
| Сжатие и передача изображения | |  | |  | | X | |
| Хранение изображения | |  | |  | | X | |
| Разрешающая способность | |  | |  | | X | |
| Видеомониторы | |  | |  | | X | |
| Прочие видеоконтрольные устройства | |  | |  | | X | |
| Люксметры и фотометры | |  | |  | | X | |
| Принципы действия жгутов волновой оптики и линз | | Когерентные | |  | |  | | X | |
| Некогерентные | |  | |  | | X | |
| Фотограмметрия | |  | |  | |  | | X | |
| Зрительное восприятие | | Что видит глаз | |  | | X | |  | |
| Как увиденное отображается в мозге | |  | | X | |  | |
| Как увиденное воспринимают окружающие | |  | | X | |  | |
| Что видят конструктор, инженер и др. | |  | | X | |  | |
| Характеристики материала, влияющие на контроль | | Окраска | | X | | X | |  | |
| Состояние поверхности | | X | | X | |  | |
| Подготовка поверхности | | X | | X | |  | |
| Чистота | | X | | X | |  | |
| Форма | | X | | X | |  | |
| Размер | | X | | X | |  | |
| Температура | | X | | X | |  | |
| Текстура | | X | | X | |  | |
| Вид | | X | | X | |  | |
| Обработка поверхности | | X | | X | |  | |
| Факторы окружающей среды и физиологические | | Атмосфера | |  | | X | |  | |
| Удобство | |  | | X | |  | |
| Перспектива | |  | | X | |  | |
| Расстояние | |  | | X | |  | |
| Возможность доступа к объекту контроля | |  | | X | |  | |
| Усталость | |  | | X | |  | |
| Состояние здоровья | |  | | X | |  | |
| Влажность | |  | | X | |  | |
| Ментальное состояние | |  | | X | |  | |
| Положение тела | |  | | X | |  | |
| Безопасность | |  | | X | |  | |
| Температура | |  | | X | |  | |
| Чистота | |  | | X | |  | |
| Прямой и непрямой методы  контроля | |  | | X | | X | |  | |
| Зрение | | Требования | | X | | X | |  | |
| Ответственность работодателя | |  | | X | |  | |
| 12.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | |  | | Обзор основных дефектов, выявляемых визуальным контролем в соответствии с конкретными секторами | | X | |  | |  | |
| Оценка поверхности | |  | |  | | X | |
| Объекты контроля и возможные дефекты | |  | | X | | X | |
| Основные процессы производства и ухудшения качества | |  | | X | | X | |
| Термины, происхождение, природа и внешний вид дефектов | |  | | X | | X | |
| Сектора продукции | |  | | X | | X | |
| Основы металлургии -  технологические процессы/изделие | |  | | X | | X | |
| Способы сварки/получение неразъемных соединений | |  | | X | | X | |
| Плакирование и буферные слои | |  | | X | | X | |
| — Методы производства продукции, полученной обработкой давлением | |  | | X | | X | |
| — Процессы холодной обработки | |  | | X | | X | |
| — Процессы термической обработки | |  | | X | | X | |
| Шероховатость и волнистость | |  | |  | | X | |
| Определение формы и геометрии дефектов | |  | |  | | X | |
| Состав материала | |  | | X | | X | |
| — Методы чистовой обработки поверхности | |  | | X | | X | |
| — Основы технологии литейного производства | |  | | X | | X | |
| — Процессы механической обработки и удаления материала | |  | | X | | X | |
| — Полимеры/композиты | |  | | X | | X | |
| Контроль в ходе эксплуатации | |  | | X | | X | |
| — Дефекты, возникающие в результате эксплуатации | |  | | X | | X | |
| — Дефекты от механического воздействия | |  | | X | | X | |
| — Тепловые дефекты | |  | | X | | X | |
| — Дефекты трения при отсутствии смазки | |  | | X | | X | |
| — Дефекты износа | |  | | X | | X | |
| — Дефекты от химического воздействия | |  | | X | | X | |
| — Дефекты от электрохимического воздействия | |  | | X | | X | |
| Возможность и ограничения визуального контроля | | Беглый взгляд/пристальное внимание | | X | |  | |  | |
| Возможность обнаружения | |  | | X | |  | |
| — Размер дефекта | |  | | X | |  | |
| — Форма | |  | | X | |  | |
| — Пространственная ориентация/положение | |  | | X | |  | |
| — Типы дефектов | |  | | X | |  | |
| — Влияние состояния поверхности | |  | | X | |  | |
| — Ограничения оборудования | |  | | X | |  | |
| — Влияние освещенности | |  | | X | |  | |
| Сопутствующие способы | | Использование измерительных приспособлений | |  | | X | |  | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | Наборы образцов сравнения | |  | | X | |  | |
|  |  | | Измерение | |  | | X | |  | |
|  |  | | Получение изображения термографическим способом | |  | | X | |  | |
|  |  | | Снятие реплики | |  | | X | |  | |
| 12.4 | Введение и | | Зеркала | | X | | X | | X | |
| Оборудование | применение | | Лупы | | X | | X | | X | |
|  |  | | Бороскопы | | X | | X | | X | |
|  |  | | Фиброскопы | | X | | X | | X | |
|  | Фотографическая и видео аппаратура | | Камеры для получения изображения | | X | | X | |  | |
|  |  | | Видеомониторы | | X | | X | |  | |
|  |  | | Источники света и специальное | | X | | X | |  | |
|  |  | | освещение | |  | |
|  |  | | Измерительные приспособления | | X | | X | |  | |
|  |  | | Шаблоны | | X | | X | |  | |
|  |  | | Измерительные шкалы | | X | | X | |  | |
|  |  | | Специальные приспособления | |  | |  | | X | |
|  |  | | Автоматизированные системы | |  | | X | | X | |
|  |  | | Компьютеризированные системы | |  | | X | | X | |
|  |  | | Демонстрационный тестовый образец | | X | | X | |  | |
|  |  | | Мишени для определения пространственного разрешения | | X | | X | | X | |
|  |  | | Окулярные шкалы | |  | | X | | X | |
|  |  | | Влияние схемы контроля | |  | |  | | X | |
|  |  | | Оценка оборудования, предназначенного для решения конкретной задачи | |  | |  | | X | |
|  |  | | Разработка методов проверки работоспособности оборудования | |  | |  | | X | |
|  |  | | — Выбор/конструкция | |  | |  | | X | |
|  |  | | — Применение демонстрационных тестовых образцов | |  | |  | | X | |
|  | Оборудование для записи, | | Выбор оборудования | |  | | X | |  | |
|  | передачи и хранения изображения | | Предельные возможности оборудования | |  | | X | |  | |
|  |  | | Проверка оборудования | | X | | X | |  | |
|  |  | | Методика управления, | |  | |  | |  | |
|  |  | | технического обслуживания | |  | |  | | X | |
|  |  | | и настройки оборудования | |  | |  | |  | |
|  | Определение размеров индикации | | Системы отображения изображения | |  | | X | |  | |
|  |  | | Специальные оптические системы | |  | | X | |  | |
|  |  | | Требования к специализированному оборудованию (например, | | X | | X | |  | |
|  |  | | подводной, радиационно-стойкой) | |  | |  | |  | |
| 12.5 | Информация об | | Характерные особенности или | |  | |  | |  | |
| Предварительная информация по | объекте контроля | | обозначение материала | |  | | X | | X | |
| контролю |  | |  | |  | |  | |  | |
|  |  | | — Объект, подлежащий контролю | |  | | X | | X | |
|  |  | | — Вид изготовления | |  | | X | | X | |
|  |  | | — Каталог недопустимых дефектов | |  | | X | | X | |
| Таблица |  | | — Объем контроля | |  | | X | | X | |
|  | Условия проведения контроля и | | Доступность | |  | | X | | X | |
|  | применение положений стандартов | | Инфраструктура | |  | | X | | X | |
|  |  | | Конкретные условия контроля | |  | | X | | X | |
|  |  | | Стандарт на применение | |  | | X | | X | |
|  |  | | Этап производства или жизненного цикла­ объекта, на котором должен проводиться НК | |  | | X | | X | |
|  |  | | Стандарты, нормы и правила, имеющие отношение к объекту контроля | |  | | X | | X | |
|  |  | | Требования к персоналу НК | |  | | X | | X | |
|  |  | | Критерии приемки | |  | | X | | X | |
|  | Способ и | | Состояние поверхности | |  | | X | |  | |
|  | порядок проведения контроля | | Подготовка поверхности | |  | | X | |  | |
|  |  | | Освещение (тип, уровень, направление) | |  | | X | |  | |
|  |  | | Документы, оформляемые по итогам контроля | |  | | X | |  | |
|  |  | | Используемое оборудование визуального контроля | |  | | X | |  | |
|  |  | | Демонстрационный тестовый образец и контрольные точки инспекции | |  | | X | |  | |
|  |  | | Требование к записанным изображениям | |  | | X | |  | |
|  | Инструкции | | Подготовка письменной­ методики | |  | |  | | X | |
|  |  | | Подготовка письменной­ инструкции | |  | | X | |  | |
|  |  | | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | | X | |  | |  | |
|  |  | | Документация | |  | | X | | X | |
|  |  | | Изложение стандартов,­ правил и методик | |  | |  | | X | |
| 12.6 | Схема контроля | | Демонстрационные тестовые образцы | | X | | X | |  | |
| Проведение контроля |  | | Мишени для определения пространственного разрешения | | X | | X | |  | |
|  |  | | Настройка | |  | | X | |  | |
|  |  | | Письменной инструкцией | |  | | X | | X | |
|  |  | | Письменная методика | |  | | X | | X | |
| 12.7  Оценка и отчетность | Отчет о результатах | | Ссылка на стандарты по контролю | | X | | X | |  | |
|  | | Статус настройки | | X | | X | |  | |
|  | | Контрольные точки для определения местоположения индикаций | | X | | X | |  | |
|  |  | | Классификация индикаций | | X | | X | |  | |
|  |  | | — Критерии приемки согласно инструкции | | X | | X | |  | |
|  |  | | — Протоколы и документация | | X | | X | |  | |
| 12.8  Оценка |  | | — Протоколы результатов проверки | | X | | X | |  | |
| Контроль и мониторинг результатов контроля | | Расшифровка | |  | | X | | X | |
| Оценка | |  | | X | | X | |
| — Объективная | |  | | X | | X | |
| — Субъективная | |  | | X | | X | |
| Отчет о результатах в соответствии со спецификациями и стандартами | |  | | X | | X | |
| Завершение схемы регулировки | |  | | X | | X | |
| Разработка отчетных форм  Классификация и оценка наблюдений | | Структура итоговых форм | |  | |  | | X | |
| Хранение итоговых форм | |  | |  | | X | |
| Распределение итоговых форм | |  | |  | | X | |
| Изучение соответствующих норм и стандартов на изделие для каждого применения | |  | |  | | X | |
| Функции контрольной точки для расшифровки­ и оценки для Уровня 2 | |  | |  | | X | |
| Критерии приемки | |  | | X | | X | |
| — Нормы и правила | |  | | X | | X | |
| — Стандарты | |  | | X | | X | |
| — Письменные инструкции | |  | | X | | X | |
| — Рекомендация специалиста уровня 3 для случаев, когда не существуют нормы, правила и стандарты | |  | | X | | X | |
| — Спецификация на проектирование | |  | |  | | X | |
| Путем сравнения | |  | | X | | X | |
| Путем измерения | |  | | X | |  | |
| Автоматизированная оценка (например, распознавание образов) | |  | | X | |  | |
| Записи | |  | | X | |  | |
| Отчетность | |  | | X | |  | |
| Анализ результатов | |  | |  | | X | |
| Переработка требований правил, ст­андартов, спецификаций на проектирование и т.п. в целях выработки четких критериев приемки для включения в письменные методики и инструкции | |  | |  | | X | |
| Поиск информации или вспомогательных материалов в целях изучения полученных наблюдений, не описанных в нормах, правилах и стандартах и последующей разработки критериев приемки | |  | |  | | X | |
| Подготовка специалистов уровней 1 и 2 для работы с критериями приемки | |  | |  | | X | |
| 12.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | | ISO 9712 | | X | | X | | X | |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК | |  | |  | | X | |
|  | | Документация | | Формат и объем рабочих методик | |  | |  | | X | |
| Квалификация методик НК | |  | |  | | X | |
| Допуск (НК инструкции, методик и персонала) | |  | |  | | X | |
| Разработка письменной инструкции | |  | | X | |  | |
| Работа с точным соблюдением письменной инструкции | | X | |  | |  | |
| Прослеживаемость документации | |  | | X | | X | |
| Надежность измерений | |  | | X | | X | |
| Знание стандартов на применение НК­ и стандартов на продукцию | | Выбор правильного способа | |  | | X | | X | |
| Применение правильных параметров контроля | |  | | X | | X | |
| Выбор метода НК | |  | |  | | X | |
| Профессиональная подготовка по специальности | |  | |  | | X | |
| Проверка оборудования | | X | | X | | X | |
| 12.10  Разработки | | Важность изучения существующих и разрабатываемых способов и методов ­применения визуального контроля | |  | |  | |  | | X | |
| Краткие сведения о новейших разработках | |  | |  | |  | | X | |

13 Инфракрасный термографический контроль (ТТ) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark30)одготовка по курсу инфракрасного термографического контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 17](#bookmark29) и [18](#bookmark30).

Таблица 17 - Общее содержание

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Содержание | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 13.1 Вводный курс по терминологии и истории инфракрасного термографического контроля (ТT) | 1 | 1 | 1 |
| 13.2 Физические принципы метода и связанные с ним знания | 12 | 12 | 23 |
| 13.3 Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 30 | 24 | 3 |
| 13.4 Оборудование | 15 | 9 | 13 |
| 13.5 Предварительная информация по контролю | 1 | 11 | 13 |
| 13.6 Проведение контроля | 30 | 26 | 18 |
| 13.7 Оценка и отчетность | 10 | 7 | 11 |
| 13.8 Оценка | 0 | 5 | 6 |
| 13.9 Аспекты качества | 1 | 4 | 7 |
| 13.10 Разработки | 0 | 1 | 5 |

Таблица 18 – Инфракрасный термографический контроль (ТТ) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание** | | | |  | | | | | | | | **Уровень 1** | | | | **Уровень 2** | | | | **Уровень 3** | | | |
| 13.1  Вводный курс по терминологии и истории инфракрасного термографического  контроля (ТТ) | | | | История | | | |  | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Цель НК | | | | Что такое контроль? | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Какова цель НК? | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Откуда появляется добавленная стоимость? | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Кто может проводить НК? | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Основные методы НК | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Назначение инфракрасного термографического контроля (ТТ) | | | | Определение | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Возможность применения и ограничения | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Терминология | | | |  | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| 13.2  Физические принципы и связанные знания | | | | Теплопередача | | | | Теплота/температура/энергия | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Закон термодинамики | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Фазовые состояния вещества | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Твердое | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Жидкое | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Газообразное | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Разновидности температурной шкалы | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Основы теплопроводности | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Закон Фурье | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Основы теплоотдачи | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Закон охлаждения Ньютона | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Основы теплового излучения | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Закон Планка | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Закон Вина | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Закон Стефана-Больцмана | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Испарение | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Введение | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Основы | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Проектирование инфракрасных систем | | | | Спектр электромагнитного излучения | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Определение инфракрасного диапазона | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Терминология | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Излучающая способность | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Отражающая способность | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Прозрачность | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Поглощение | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Черное тело/серое тело | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Селективный излучатель | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Закон Кирхгофа | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Влияние равновесного излучения в полости | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Окно прозрачности атмосферы | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Теплофизические свойства материалов | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
|  | | | |  | | | | Излучающая способность материалов | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Стационарный/нестационарный режим | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Температуропроводность | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Сопротивление теплового контакта | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Теоретическая температура оценка/расчет | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Поглощение | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| — Атмосферный | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| — Различные газы | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Закон Бугера-Ламберта-Бера | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Методы измерения температуры | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| — Контактные или бесконтактные, описание принципов действия различных датчиков | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Специальная излучательная способность | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Фотометрия | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Геометрическая оптика | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| 13.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | | | | Принципы инфракрасной термографии | | | | Параметры инфракрасной термографии | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Способ, основанный на обнаружении | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Поля адиабатической температуры | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Расслоения/трещины | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Саморазогрев | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Влияние излучения в  полости | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Активный способ | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Пассивный метод | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Качественная термография | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Количественная термография | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Критерий выбора способа | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Иные типы оборудования измерения температуры и используемые ими принципы измерения | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Настройка | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Термоупругий метод измерения механических напряжений | | | | Термоупругий эффект | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Принцип действия метода | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Способ синхронной регистрации сигнала | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Способ отображения разности температур | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Термоупругие свойства материалов | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Разрешающая способность определения напряжения | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Частотный диапазон нагрузок | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
|  | | | | Различные виды дефектов и причины их возникновения | | | | Электрические сети и оборудование/  электронные устройства | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Машины и оборудование | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Заводские установки и агрегаты | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Здания и сооружения | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Материалы | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Разработки и конструирование новых материалов (пластик, армированный углеродным волокном, пластик, армированный стекловолокном, слоистые конструкции и т.п.) | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Возможности метода, вероятность обнаружения | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Комбинация методов (различные приспособления для создания тепловых нагрузок, различные методы НК) | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| 13.4  Оборудование | | | | Приборы для инфракрасной  термографии | | | | Основные элементы и функции | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Характеристики детекторов | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Квантового типа | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Теплового типа | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Факторы, влияющие на излучательную способность | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Минимальный обнаруживаемый размер (MDD) | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Пространственное разрешение | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Расстояние | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Минимальная обнаруживаемая разность температур (MDTD) | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Минимальная разрешимая разность температур (MRTD) | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Поле зрения (FOV) | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Сведения об обработке изображения | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Цветовые палитры | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Усреднение кадров | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Коррекция пикселей | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Последовательность обработки сигнала в приборах | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Механизмы и принципы действия  детекторов | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Критерии выбора детекторов | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Болометр | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Термопара | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Термостолбик | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Пироэлектрический детектор | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Метод сканирования для детекторов | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Измерительные диапазоны длин волн | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Коротковолновый | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Длинноволновый | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
|  | | | |  | | | | Критерии выбора диапазона длин волн для измерения | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Эквивалентная шуму разность  температур (NETD) | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Число пикселей | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Длительность экспозиции | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Динамический диапазон | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Стандартный образец | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Вспомогательные материалы | | | | Фильтры | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Разновидности и назначение фильтров | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Критерии выбора фильтров | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Разновидности и назначение  объективов | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Критерии выбора объектива | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Оптическая система | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| — Макрообъективы | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| — Иммерсионные объективы | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Разновидности и назначение прочих вспомогательных устройств и аксессуаров | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Излучательная способность черной краски и ленты | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Критерии выбора инфракрасного зеркала | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Материалы прозрачных окон | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Критерии выбора прозрачных окон, включая антибликовое покрытие | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Двухспектральные ИК-камеры | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Устройства тепловой стимуляции | | | | Разновидности | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Контактная тепловая стимуляция | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Лучистый нагрев | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Импульсная лампа/ступенчатое возбуждение | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Электронагрев | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Прочие устройства тепловой  стимуляции | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Критерии выбора устройства тепловой стимуляции | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Термоупругий метод измерения механических напряжений | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Производительность | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Однородность | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Воспроизводимость | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Безопасность | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| 13.5  Предварительная информация  по контролю | | | | Информация об объекте контроля | | | | Характерные особенности или обозначение материала | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| — Объект, подлежащий контролю | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| — Вид изготовления | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| — Каталог недопустимых дефектов | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| — Объем контроля | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | | | | Доступность | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Инфраструктура | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Конкретные условия контроля | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Стандарт на применение | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться контроль | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Требования к персоналу  НК | | | |  | | | | X | | | | X | | | |
| Критерии приемки | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Способ и порядок  проведения контроля | | | | Состояние поверхности | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Подготовка поверхности | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Документы, оформляемые по итогам контроля | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Инструкции | | | | Подготовка письменной  методики | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Подготовка письменной  инструкции | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Документация | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Изложение стандартов, правил и методик | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| 13.6  Проведение контроля | | | | Условия проведения контроля | | | | Условия окружающей среды | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Учет и определение факторов, приводящих к погрешностям | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Учет и внесение поправок на | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Атмосферное поглощение | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| — Фоновое излучение | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Инструкции для прозрачных объектов | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Автоматизированный контроль сканированием на поточной линии | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Управление и настройка  производственного процесса | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Моделирование методом конечных элементов для параметров распространения, предсказания результатов и воспроизведения | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Работа инфракрасных  приборов | | | | Установка излучательной способности | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Сведения о коррекции детекторов | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
|  | | | |  | | | | Понимание о  пространственном разрешении | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Зависимость излучающей способности от угла наблюдения | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Установка угла наблюдения | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Зависимость излучательной способности от температуры | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| — Выбор температурного диапазона | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| — Установка уровня и интервала температуры | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Настройка длительности кадров | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Инструкция для инфракрасного  зеркала | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Настройка фокуса | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Контрольный объект | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Измерение излучающей способности | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Зависимость излучающей способности от длины волны | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Зависимость излучающей способности от шероховатости поверхности | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Зависимость излучающей способности от толщины оксидной пленки | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Излучение квазичерного тела | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Особые случаи | | | | Анализ термоупругих напряжений | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Контроль полупрозрачных материалов | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Высокотемпературные применения | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Измерение на большой скорости | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Обнаружение газов | | | |  | | | |  | | | | X | | | |
| Различные виды дефектов и причины их возникновения | | | | Электрические сети и оборудование | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Электронные устройства | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Машины и оборудование | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Заводские установки и агрегаты | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Здания и сооружения | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| Материалы | | | | X | | | | X | | | |  | | | |
| 13.7  Оценка и  отчетность | | | | Обработка данных | | | | Разновидности и назначение | | | | X | | | |  | | | |  | | | |
| Определение пороговых значений | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Усреднение | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Вычитание фона | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Вычитание | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Метод синхронной регистрации сигнала | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Компенсация движения | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Анализ трендов | | | |  | | | | X | | | |  | | | |
| Выбор критериев последовательности обработки данных | | | |  | | | | X | | | |  | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Записи | Требования | X | X |  |
| Отчетность | Требования | X | X |  |
|  | Определение характеристик |  | X |  |
| Расшифровка индикаций |  | X |  |
| Оценка индикаций |  | X |  |
| Применение дополнительных методов НК | Трактовка соответствующих стандартов, норм и правил |  |  | X |
| Оценка (обычный подход, аттестованный метод)) |  |  | X |
| Различие между недопустимым дефектом и артефактом |  |  | X |
| Критерии приемки |  |  | X |
| Уровень значимых изменений |  |  | X |
| Процесс хранения и записи |  |  | X |
| 13.8  Оценка | Оценка и подтверждение протоколов контроля | Применение принципов приемки |  | X |  |
| — Критерии согласно стандартам, правилам и методикам |  | X |  |
| — Критерии приемки и классификации |  |  | X |
| — Значимость ­несплошностей |  |  | X |
| — С применением и без применения норм, правил и стандартов |  |  | X |
| 13.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | ISO 9712 | X | X | X |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  |  | X |
| Документация | Формат и объем рабочих методик |  |  | X |
| Квалификация методик НК |  |  | X |
| Допуск (НК инструкции, методик и персонала) |  |  | X |
| Разработка письменной инструкции |  | X |  |
| Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X |  |  |
| Прослеживаемость документации |  | X | X |
| Надежность измерений |  | X | X |
| Знание стандартов на применение НК и стандартов на продукцию­ | Выбор правильного способа |  | X |  |
| Применение правильных параметров контроля |  | X |  |
| Выбор метода НК |  | X | X |
| Профессиональная подготовка по специальности | X | X | X |
| Проверка оборудования | X | X | X |
| 13.10  Разработки | Общие сведения |  |  | X |  |
| Новейшие разработки | Промышленные применения |  |  | X |
| Научные применения |  |  | X |

14 Тензометрический контроль (TS) – Уровни 1, 2 и 3

[П](#bookmark32)одготовка по курсу тензометрического контроля должна проводиться в соответствии с содержанием [таблиц 19](#bookmark31) и [20](#bookmark32).

Таблица 19 - Общее содержание

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Содержание | Уровень 1 (в % от общей продолжительности) | Уровень 2 (в % от общей продолжительности) | Уровень 3 (в % от общей продолжительности) |
| 14.1 Вводный курс по терминологии и истории тензометрического контроля (ST) | 6 | 2 | 2 |
| 14.2 Физические принципы метода и связанные с ним знания | 16 | 18 | 25 |
| 14.3 Знание продукта и возможностей метода и основанных на нем технологий | 12 | 17 | 18 |
| 14.4 Оборудование | 13 | 8 | 15 |
| 14.5 Предварительная информация по контролю | 22 | 15 | 5 |
| 14.6 Проведение контроля | 16 | 13 | 15 |
| 14.7 Оценка и отчетность | 13 | 17 | 5 |
| 14.8 Оценка | 0 | 6 | 5 |
| 14.9 Аспект качества | 2 | 4 | 5 |
| 14.10 Разработки | 0 | 0 | 5 |

Таблица 20 – Тензометрический контроль (TS) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 14.1  Вводный курс по терминологии и истории тензометрического контроля (ST) | История |  | X | X | X |
| Цель НК | Что такое контроль? | X | X | X |
| Какова цель НК? | X | X | X |
| На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X | X | X |
| Откуда появляется добавленная стоимость? | X | X | X |
| Кто может проводить НК? | X | X | X |
| Основные методы НК | X | X | X |
| Назначение тензометрического контроля (TS) | Определение | X | X | X |
| Возможность применения и ограничения | X | X | X |
| 14.2  Физические принципы и связанные знания | Физические принципы | Нагрузка и деформация | X |  |  |
| Напряжения и деформации ­на поверхности | X | X | X |
| — Определения | X | X |  |
| — Соотношения | X | X |  |
| — Преобразования координат |  | X |  |
| — Круги напряжений и деформаций Мора |  | X |  |
| — Напряжения и деформация на поверхности |  | X |  |
| — Принцип напряжений и деформаций |  | X |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 14.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | | | Знание объекта | | | Испытания материалов | | |  | | |  | | | X | | |
| Плосконапряженное состояние | | |  | | |  | | | X | | |
| Виды напряженно-деформированного состояния | | |  | | |  | | | X | | |
| Напряжения и деформации в сосудах, работающих  под давлением | | |  | | |  | | | X | | |
| Термическая деформация | | |  | | |  | | | X | | |
| Динамическая деформация | | |  | | |  | | | X | | |
| Электрическая цепь | | | Основные положения | | | X | | | X | | |  | | |
| — Цепь постоянного тока | | | X | | | X | | |  | | |
| — Цепь переменного тока | | |  | | | X | | |  | | |
| Тензометрия | | | Характеристики | | | X | | | X | | | X | | |
| Принципы работы | | | X | | | X | | | X | | |
| Структура | | | X | | | X | | | X | | |
| 14.4  Оборудование | | | Система измерений | | | Измерение статической деформации | | | X | | | X | | |  | | |
| Измерение динамической деформации | | | X | | | X | | |  | | |
| Источник питания измерительного  моста | | | X | | | X | | |  | | |
| Тензометрические датчики | | | Различные типы тензометрических датчиков | | | X | | | X | | |  | | |
| Характеристики | | | X | | | X | | | X | | |
| Свойства | | |  | | | X | | | X | | |
| Категории | | |  | | | X | | | X | | |
| Контакты | | |  | | | X | | |  | | |
| Пределы применения | | |  | | | X | | | X | | |
| Выбор | | |  | | | X | | |  | | |
| Измерительный мост | | | X | | | X | | | X | | |
| — Принципы | | | X | | | X | | | X | | |
| — Проводные соединения | | | X | | | X | | | X | | |
| — Эквивалентная деформация | | | X | | | X | | |  | | |
| Тензодатчик и регистрирующее устройство | | | X | | | X | | | X | | |
| — Тензодатчик статической деформации | | | X | | | X | | |  | | |
| — Тензодатчик динамической деформации | | | X | | | X | | |  | | |
| — Входной разъем | | | X | | | X | | |  | | |
| Регистратор | | | X | | | X | | |  | | |
| — Категории | | |  | | | X | | | X | | |
| Отклик измерительной системы | | |  | | | X | | | X | | |
| Характеристики | | | Характеристики | | |  | | | X | | | X | | |
| Принцип измерения | | |  | | | X | | | X | | |
| Разновидность | | |  | | | X | | | X | | |
| 14.5  Предварительная информация  по контролю | | | Информация об объекте контроля | | | Характерные особенности или обозначение материала | | |  | | | X | | | X | | |
| — Объект, подлежащий контролю | | |  | | | X | | | X | | |
| — Вид изготовления | | |  | | | X | | | X | | |
| — Каталог недопустимых дефектов | | |  | | | X | | | X | | |
|  | | |  | | | — Объем контроля | | |  | | | X | | | X | | |
| Условия проведения контроля и применение положений стандартов | | | Доступность | | |  | | | X | | | X | | |
| Инфраструктура | | |  | | |  | | | X | | |
| Конкретные условия контроля | | |  | | | X | | | X | | |
| Стандарт на применение | | |  | | | X | | | X | | |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться контроль | | |  | | |  | | | X | | |
| Стандарты, имеющие отношение к объекту контроля | | |  | | | X | | | X | | |
| Требования к персоналу НК | | |  | | | X | | | X | | |
| Критерии приемки | | |  | | |  | | | X | | |
| Способ и последовательность проведения контроля | | | Состояние поверхности | | |  | | | X | | |  | | |
| Подготовка поверхности | | |  | | | X | | |  | | |
| Корректировка измеренных величин | | | X | | | X | | |  | | |
| Поправка на чувствительность тензорезистора | | | X | | | X | | |  | | |
| Поправка, включающая  сопротивление контакта тензорезистора | | |  | | | X | | |  | | |
| Деформация, вызванная изменением температуры | | |  | | | X | | |  | | |
| — Тензодатчики, способные самостоятельно компенсировать температурную погрешность | | |  | | | X | | |  | | |
| Компенсация температурной погрешности путем размещения на детали, не подвергающейся деформации, датчика, аналогичному датчику, размещенному на детали, подвергающейся деформации | | |  | | | X | | |  | | |
| Информация о тензодатчике | | |  | | | X | | | X | | |
| — Контакт | | |  | | | X | | | X | | |
| — Разъемы устройств тензодатчика | | |  | | | X | | | X | | |
| — Клеевой состав | | |  | | | X | | | X | | |
| — Проверка надежности установки | | |  | | | X | | | X | | |
| Защита от влаги | | |  | | | X | | | X | | |
| Ошибки, возникающие при контроле,  и пути их решения | | |  | | | X | | | X | | |
| — Ошибки, обусловленные углом крепления тензодатчика | | |  | | | X | | |  | | |
| — Несогласованость баланса измерительного моста | | |  | | | X | | |  | | |
| — Нестабильность измерения | | |  | | | X | | |  | | |
| — Шум | | |  | | | X | | |  | | |
| Долговременные измерения | | |  | | | X | | |  | | |
| Документы, оформляемые по итогам контроля | | |  | | | X | | |  | | |
| Инструкции | | | Подготовка письменной  методики | | |  | | |  | | | X | | |
| Подготовка письменной  инструкции | | |  | | | X | | |  | | |
|  | | |  | | | Проведение контроля в соответствии с письменной инструкцией | | | X | | |  | | |  | | |
| Документация | | |  | | |  | | | X | | |
| Изложение стандартов, правил и методик | | |  | | |  | | | X | | |
| 14.6  Проведение контроля | | | Подготовка | | | Установка тензодатчика | | | X | | | X | | |  | | |
| — Подготовка перед установкой | | | X | | | X | | |  | | |
| — Установка | | | X | | | X | | |  | | |
| — Проверка надежности установки | | | X | | | X | | |  | | |
| Подготовка измерительной системы | | |  | | | X | | |  | | |
| Защита от влаги | | | X | | | X | | |  | | |
| Методика контроля деформаций (статическая деформация) | | | X | | | X | | | X | | |
| Проведение измерений | | | X | | | X | | |  | | |
| — При помощи преобразователя | | |  | | | X | | | X | | |
| — Настройка преобразователя | | |  | | | X | | | X | | |
| — Выполнение измерений | | |  | | | X | | | X | | |
| Методика контроля деформаций (динамическая деформация) | | | X | | | X | | |  | | |
| Подсоединение оборудования | | | X | | | X | | |  | | |
| Тензометрический контроль в особых условиях и обстоятельствах | | | Введение | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль значительных деформаций | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль при низких и высоких температурах | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль в воде и при высоком  давлении | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль в магнитных и электрических полях | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль напряжений вращающихся  деталей | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль импульсной деформацией | | |  | | |  | | | X | | |
| Контроль остаточных деформаций | | |  | | |  | | | X | | |
| 14.7  Оценка и  отчетность | | |  | | | Запись и протоколирование данных по нагрузкам и деформациям | | | X | | | X | | |  | | |
| Оценка данных по деформациям | | |  | | | X | | | X | | |
| — Корректировка данных по деформациям | | |  | | | X | | |  | | |
| Расчет напряжений на основе данных по нагрузкам и деформациям | | |  | | | X | | | X | | |
| Отчет о результатах | | |  | | | X | | | X | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 14.8  Оценка |  | Критерии разрушения и прочности |  | X | X |
|  |  | — Допустимое напряжение и фактор безопасности |  | X | X |
|  |  | — Усталость |  |  | X |
|  |  | — Механика разрушения |  |  | X |
| 14.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | ISO 9712 | X | X | X |
|  | Другие системы квалификации и сертификации в области НК |  |  | X |
|  | Документация | Формат и объем рабочих методик |  |  | X |
|  |  | Квалификация методик НК |  |  | X |
|  |  | Допуск (НК инструкции, методик и персонала) |  |  | X |
|  |  | Разработка письменной инструкции |  | X | X |
|  |  | Работа с точным соблюдением письменной инструкции | X |  | X |
|  |  | Прослеживаемость документации |  | X | X |
|  |  | Надежность измерений |  | X | X |
|  | Знание стандартов | Выбор правильного способа |  | X | X |
|  | на применение НК и стандартов на продукцию | Применение правильных параметров контроля |  | X | X |
|  | Выбор метода НК |  | X | X |
|  |  | Профессиональная подготовка по специальности | X | X | X |
|  |  | Проверка оборудования | X | X | X |
| 14.10 | Прочие методы контроля | Принципы работы и характеристики |  |  | X |
| Разработки | деформаций | Оптический метод |  |  | X |
|  |  | Инфракрасный метод |  |  | X |
|  |  | Рентгеновский метод измерения напряжений |  |  | X |
|  |  | Магнитный метод |  |  | X |
|  |  | Ультразвуковой метод |  |  | X |
|  |  | Метод покрытий |  |  | X |

15 Разрабатываемые способы контроля

Цель настоящего раздела – дать рекомендации по подготовке по темам, связанным с передовыми способами. Рекомендуется соблюдать необходимое предварительное условие для допуска к обучению (см. [Таблицы с 21](#bookmark34) по [23](#bookmark36)) – наличие у обучающегося, как минимум, сертификата Уровня 2 по главному методу, связанному с соответствующими возникающими технологиями.

Таблица 21 — Ультразвуковой дифракционно-временной способ (UT-TOFD) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | |
| 15.1.1  Вводный курс по термино­логии и истории ультра­звукового дифракционно-временного способа (UT-TOFD) | История | |  | | X | | X | | X | |
| Вводный курс по ультразвуковому дифракционн­о-временному способу | | Обзорный материал | | X | | X | | X | |
|  | | X | | X | | X | |
| 15.1.2  Физические принципы и связанные знания | Математические и физические основы | | Акустический пучок, основные положения | |  | | X | |  | |
| Волны | |  | | X | |  | |
| — Синусоидальное движение | |  | | X | |  | |
| — Амплитуда | |  | | X | |  | |
| — Частота | |  | | X | |  | |
| — Длина волны | |  | | X | |  | |
| — Скорость распространения | |  | | X | |  | |
| — Продольные волны | |  | | X | |  | |
| — Поперечные волны | |  | | X | |  | |
| Принцип дифракции волн | |  | | X | |  | |
| Акустическое поле UT-TOFD преобразователя | |  | | X | |  | |
| Визуализация изображений UT-TOFD | |  | | X | |  | |
| Расстояние между точками выхода двух преобразователей (PSC) | |  | | X | |  | |
| 15.1.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | Различные недопустимые дефекты, относящиеся к процессам производства и эксплуатации в зависимости от конкретных секторов | | Дефекты, связанные с ­производственными процессами (сварка) | |  | | X | |  | |
| Применение способа UT-TOFD с учетом характера про­дукции и предполагаемых не­сплошностей (недопустимые дефекты сварки) | |  | | X | |  | |
| Общие свойства образца | | Влияние состояния поверхности | |  | | X | |  | |
| Геометрия | |  | | X | |  | |
| Затухание | |  | | X | |  | |
| Контрольные отражатели (боковое цилиндрическое отверстие, прямоугольный паз) | |  | | X | |  | |
| 15.1.4 Оборудование | Контрольно-измерительное и комбинированное оборудование | | Прибор UT-TOFD | |  | | X | |  | |
| Преобразователи UT-TOFD | |  | | X | |  | |
| Профилирование преобразователей для сканирования криволинейных поверхностей | |  | | X | |  | |
| Кодировщики положения и сканирующие механизмы | |  | | X | |  | |
| Различные типы сканеров | |  | | X | |  | |
| Контрольные образцы | |  | | X | |  | |
| Различные контрольные образцы | |  | | X | |  | |
| 15.1.5  Предварительная информация по контролю | Позиции, которые следует обозначить в спецификации | | Назначение | |  | | X | |  | |
| Объем контроля методом UT-TOFD | |  | | X | |  | |
| Информация для оператора | |  | | X | |  | |
| Письменная инструкция или методика для контроля | |  | | X | |  | |
| 15.1.6 Проведение контроля |  | | Установка диапазона контроля и чувствительности | |  | | X | |  | |
|  | |  | | Установка преобразователей | |  | | X | |  | | |
| — Установка шага сканирования | |  | | X | |  | | |
| — Учет особенностей геометрии | |  | | X | |  | | |
| — Подготовка поверхностей сканирования | |  | | X | |  | | |
| — Контактная среда и способы обеспечения акустического контакта | |  | | X | |  | | |
| Установка диапазона и чувствительности | |  | | X | |  | | |
| — Временное окно | |  | | X | |  | | |
| — Преобразование времени в глубину | |  | | X | |  | | |
| — Установка чувствительности | |  | | X | |  | | |
| — Проверка настроек | |  | | X | |  | | |
| Контрольные образцы | |  | | X | |  | | |
| — Материал | |  | | X | |  | | |
| — Размеры | |  | | X | |  | | |
| — Форма | |  | | X | |  | | |
| — Контрольные отражатели (боковое цилиндрическое отверстие и прямоугольный паз) | |  | | X | |  | | |
| Расшифровка и анализ изображений UT-TOFD | |  | | X | |  | | |
| — Оценка качества изображений UT-TOFD | |  | | X | |  | | |
| — Идентификация и классификация соответствующих индикаций UT-TOFD | |  | | X | |  | | |
| — Определение местоположения и размера | |  | | X | |  | | |
| 15.1.7  Оценка и отчетность | |  | | Оценка по критериям ­приемки | |  | | X | |  | | |
| Протокол контроля | |  | | X | |  | | |
| — Информация по объекту контроля | |  | | X | |  | | |
| — Оборудование | |  | | X | |  | | |
| — Способ контроля | |  | | X | |  | | |
| — Результаты контроля | |  | | X | |  | | |
| Хранение данных | |  | | X | |  | | |
| Создание протоколов | |  | | X | |  | | |
| Разрешающая способность ближней поверхности и противоположной поверхности | |  | | X | |  | | |
| Определение местоположения недопустимого дефекта и измерение длины | |  | | X | |  | | |
| 15.1.8  Оценка | |  | | Оценка и подтверждение протокола контроля | |  | | X | |  | | |
| Применение критериев приемки в соответствии со ста­ндартами, правилами и методиками | |  | | X | |  | | |
| Оценка офлайн с использованием программного обеспечения компьютера | |  | | X | |  | | |
| 15.1.9  Вопросы обеспечения качества | | Квалификация персонала | | ISO 9712 | |  | | X | |  | | |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК | |  | | X | |  | | |
| 15.1.10  Разработки | | Не рассматривается | |  | |  | |  | |  | | |
| Таблица 22 — Ультразвуковой контроль с фазированными решетками (UT-PA) – Уровни 1, 2 и 3 | | | | | | | | | | | | |
| Содержание | |  | | | | Уровень 1 | | Уровень 2 | | Уровень 3 | | |
| 15.2.1  Вводный курс по термино­логии и истории контроля с фазированными решетками (UT-PA) | | История | |  | |  | |  | |  | | |
| Вводный курс по ультразвуковому контролю с фазированными решетками | | Обзорный материал | |  | | X | |  | | |
| Возможность применения и ограничения | |  | |  | |  | | |
| Отличие обычного и ультразвукового способов с фазированными решетками | |  | |  | |  | | |
| 15.2.2  Физические принципы и связанные знания | | Математические и физические основы | | Акустический пучок, основные положения | |  | | X | |  | | |
| Волны | |  | | X | |  | | |
| — Синусоидальное движение | |  | | X | |  | | |
| — Амплитуда | |  | | X | |  | | |
| — Частота | |  | | X | |  | | |
| — Длина волны | |  | | X | |  | | |
| — Скорость распространения | |  | | X | |  | | |
| — Продольные волны | |  | | X | |  | | |
| — Поперечные волны | |  | | X | |  | | |
| Термины, относящиеся к звуку | |  | | X | |  | | |
| — Боковые лепестки | |  | | X | |  | | |
| — Дифракционный максимум решетки | |  | | X | |  | | |
| — Объяснение артефактов | |  | | X | |  | | |
| Термины, относящиеся к фазированным решеткам | |  | | X | |  | | |
| — Активная апертура | |  | | X | |  | | |
| — Элементная апертура | |  | | X | |  | | |
| — Главная ось решетки | |  | | X | |  | | |
| — Побочная ось решетки | |  | | X | |  | | |
| Влияние ширины полосы пропускания | |  | | X | |  | | |
| Электронный поворот пучка и фокусировка акустических пучков | |  | | X | |  | | |
| 15.2.3  Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | | Дефекты, связанные с производственными процессами | | Сварка | |  | | X | |  | | |
| Ковка | |  | | X | |  | | |
| Литье | |  | | X | |  | | |
| Реализация способа методом ультразвукового контроля с фазированными решетками в соответствии с видом продукции и ожидаемых несплошностей | |  | |  | | X | |  | | |
|  | | Общие свойства образца | | Влияние состояния поверхности | |  | |  | |  | |
| Геометрия | |  | |  | |  | |
| Затухание | |  | |  | |  | |
| Контрольные отражатели | |  | |  | |  | |
| — Задняя стенка | |  | |  | |  | |
| — Боковые просверленные отверстия | |  | |  | |  | |
| — Плоскодонные отверстия | |  | |  | |  | |
| 15.2.4 Оборудование | | Контрольно-измерительное и комбинированное оборудование | | Прибор с фазированной решеткой | |  | | X | |  | |
| Многоканальный прибор | |  | | X | |  | |
| Задержка передачи | |  | | X | |  | |
| Задержка приема | |  | | X | |  | |
| Законы изменения задержки | |  | | X | |  | |
| Уравновешивание по амплитуде | |  | | X | |  | |
| Возможность многоэлементной группы | |  | | X | |  | |
| Набор фокальных законов | |  | | X | |  | |
| Преобразователи с фазированными решетками | | Линейная фазированная решетка | |  | | X | |  | |
| Кольцевая фазированная решетка | |  | | X | |  | |
| Кольцевая секторная фазированная решетка | |  | | X | |  | |
| Акустические свойства материалов клина, влияющие на фазированную решетку | |  | | X | |  | |
| Проходная фазированная решетка | |  | | X | |  | |
| Фазированная решетка 1,5D | |  | | X | |  | |
| Линейная фазированная решетка с раздельными излучателями и приемниками | |  | | X | |  | |
| Возможности многоэлементной­ группы | | Набор фокальных законов | |  | | X | |  | |
| Кодировщик положения | | Различные типы сканеров | |  | | X | |  | |
| Контактная среда и способ акустического контакта | |  | |  | | X | |  | |
| Настроечные образцы | | Образец №1, согласно ISO 2400 | |  | | X | |  | |
| Образец №2, согласно ISO 7963 | |  | | X | |  | |
| Контрольный образец, согласно ISO 13588 | |  | | X | |  | |
| Различные контрольные образцы | |  | | X | |  | |
| 15.2.5  Предварительная информация по контролю | | Применяемые стандарты для UT и ультразвукового контроля с фазированными решетками | | Содержание | |  | | X | |  | |
| Требования к методикам | |  | | X | |  | |
| Разработка методик контроля | |  | | X | |  | |
| 15.2.6 Проведение контроля | | Способы | | Линейное сканирование с углом 0 град. (поковки и литье) | |  | | X | |  | |
| Линейное сканирование с пос­тоянным углом (сварка) | |  | | X | |  | |
| Секторное сканирование (сварка, поковки) | |  | | X | |  | |
| Многоэлементное сканирование | |  | | X | |  | |
|  |  | | Установка диапазона | |  | | X | |  | |
| — Настройка по одной точке | |  | | X | |  | |
| — Настройка по двум точкам | |  | | X | |  | |
| Установка чувствительности | |  | | X | |  | |
| — Угловая корректировка усиления (AСG) | |  | | X | |  | |
| — Контрольные отражатели (донный (BW), боковой цилиндрический отражатель (SDH), плоскодонный отражатель (FBH) | |  | | X | |  | |
| — Способ по одному отражателю (опорная высота) | |  | | X | |  | |
| — Требования к контрольным­ образцам | |  | | X | |  | |
| — метод корректировки амплитуда-расстояние (АРК) (метод DAC-кривой) | |  | | X | |  | |
| — метод временной регулировки чувствительности TCG (ВРЧ) | |  | | X | |  | |
| — метод диаграммы амплитуда-расстояние-диаметр (АРД (DGS)-диаграмма) | |  | | X | |  | |
| Типичные области применения способов контроля с использованием фазированных решеток | |  | | X | |  | |
| 15.2.7  Оценка и отчетность | Оценка индикаций | | Метод АРД (DGS) | |  | | X | |  | |
| Метод АРК (DAC) | |  | | X | |  | |
| Метод ВРЧ (TCG) | |  | | X | |  | |
| Различие между эхо-сигналом от недопустимого дефекта и эхо-сигналом, вызванным геометрией отражателя | |  | | X | |  | |
| Определение расположения недопустимых дефектов | |  | | X | |  | |
| Расшифровка и оценка индикаций | |  | | X | |  | |
| Определение размеров недопустимых дефектов | |  | | X | |  | |
| Расшифровка А-, У-, S-, В-, и С- сканов­ | |  | | X | |  | |
| Отчетность | | Записи | |  | | X | |  | |
| Классификация результатов ­согласно письменной методике | |  | | X | |  | |
| Хранение данных | |  | | X | |  | |
| Создание протоколов | |  | | X | |  | |
| 15.2.8 Оценка |  | | Оценка и подтверждение протокола контроля | |  | | X | |  | |
| Применение критериев приемки в соответствии со ста­ндартами, правилами и методиками | |  | | X | |  | |
| 15.2.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | | ISO 9712 | |  | | X | |  | |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК | |  | | X | |  | |
| 15.2.10 Разработки | Не рассматривается | |  | |  | |  | |  | |

Tаблица 23 — Контроль методом рассеяния магнитного потока (MFL) – Уровни 1, 2 и 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание |  | | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
| 15.3.1 | Цель НК | Что такое контроль? | X |  |  |
| Вводный курс по терминологии и истории контроля методом рассеяния магнитного потока (MFL) |  | Какова цель НК? | X |  |  |
|  | На каком этапе жизненного цикла проводится НК продукта? | X |  |  |
|  |  | Откуда появляется добавленная стоимость? | X |  |  |
|  |  | Кто может проводить НК? | X |  |  |
|  |  | Основные методы НК | X |  |  |
|  | Назначение | Определение | X |  |  |
|  | метода рассеяния магнитного потока (MFL) | Возможность применения и ограничения |  | X |  |
| 15.3.2 | Магнитные поля | Основные принципы контроля | X |  |  |
| Физические принципы и связанные знания |  | Характеристики магнитного поля | X |  |  |
|  | Характеристики силовых линий | X |  |  |
|  |  | Теория рассеяния магнитного потока | X | X | X |
|  |  | Теория Фостера и другие теории |  |  | X |
|  |  | Методы конечного элемента |  |  | X |
|  |  | Факторы, воздействующие на магнитные поля ­рассеяния |  | X |  |
|  |  | — Степень намагниченности |  | X |  |
|  |  | — Геометрия недопустимого дефекта |  | X |  |
|  |  | — Местоположение недопустимого дефекта |  | X |  |
|  |  | — Пространственная ориентация недопустимого дефекта |  | X |  |
|  |  | — Расстояние между соседними недопустимыми дефектами |  | X |  |
|  | Магнитные явления, | Принципы электрических явлений | X |  |  |
|  | вызываемые электрическим током | Поле вокруг проводника | X |  |  |
|  | Правило правой руки | X |  |  |
|  |  | Поле в ферромагнитных проводниках | X |  |  |
|  |  | Непрямое намагничивание | X |  |  |
|  |  | — Продольные поля | X |  |  |
|  |  | — Поперечные поля | X |  |  |
|  |  | Переменные намагничивания | X |  |  |
|  |  | — Тип электрического тока (сравнение переменного и постоянного токов) | X |  | X |
|  |  | — Петля гистерезиса | X |  |  |
|  |  | — Проницаемость | X |  |  |
|  |  | — Факторы, воздействующие на ­проницаемость | X |  | X |
| 15.3.3 | Факторы, влияющие | Условия проведения контроля |  | X |  |
| Знание объекта и соответствующей возможности метода и способов контроля | на выбор чувствительных элементов | Характеристики намагничивания для различных магнитных материалов |  | X |  |
|  |  | Намагничивание с использованием электрических полей |  | X |  |
|  |  | — Циркулярное поле |  | X |  |
|  |  | — Продольное поле |  | X |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | — Значение плотности потока | |  | | X | |  | |
| Намагничивание с использованием постоянных магнитов | |  | | X | |  | |
| — Теория взаимодействия постоянных магнитов | |  | | X | |  | |
| — Материалы для постоянных магнитов | |  | | X | |  | |
| Выбор надлежащего метода намагничивания | |  | | X | | X | |
| — Тип детали | |  | |  | | X | |
| — Тип несплошности | |  | |  | | X | |
| — Скорость контроля | |  | |  | | X | |
| — Местоположение несплошности | |  | |  | | X | |
| — Иные области применения, помимо выявления несплошностей | |  | |  | | X | |
| Области применения | | Выявление дефектов | |  | | X | |  | |
| Сортировка с учетом свойств, связанных с проницаемостью | |  | | X | |  | |
| Измерение значений магнитных характеристик | |  | | X | |  | |
| Контроль днищ и стенок резервуаров | |  | | X | |  | |
| Контроль металлических тросов | |  | | X | |  | |
| Контроль труб | |  | | X | |  | |
| Умные системы прочистки трубопроводов | |  | | X | |  | |
| Контроль прутков | |  | | X | |  | |
| 15.3.4  Оборудование | | Дефектоскопы | | Преимущества/ограничения | |  | |  | | X | |
| Поисковые катушки | | Скорость изменения в нормальной компоненты рассеяния потока | | X | | X | |  | |
| Закон Фарадея | | X | | X | |  | |
| Факторы, влияющие на выходное напряжение | | X | | X | |  | |
| Преимущества/ограничения | |  | |  | | X | |
| Дефектоскопы на эффекте  Холла | | Принципы работы | | X | | X | |  | |
| Факторы, влияющие на выходное напряжение | | X | | X | |  | |
| Устройство прибора | | Выбор устройства ввода | |  | |  | | X | |
| — Дисплей монитора | |  | |  | | X | |
| — Ленточный самописец | |  | |  | | X | |
| — Сигнализация | |  | |  | | X | |
| — Сортировка стробов | |  | |  | | X | |
| — Автоматизация | |  | |  | | X | |
| — Компьютеризированный сбор данных | |  | |  | | X | |
| — Прочие | |  | |  | | X | |
| Усиление | |  | |  | | X | |
| Фильтрация | |  | |  | | X | |
| Конфигурация датчиков | |  | |  | | X | |
| 15.3.5  Предварительная информация по контролю | | Информация об объекте контроля | | Характерные особенности или обозначение материала | |  | |  | |  | |
| — Объект, подлежащий контролю | | X | | X | |  | |
| — Вид изготовления | |  | | X | |  | |
| — Каталог недопустимых дефектов | |  | | X | |  | |
| — Объем контроля | | X | | X | |  | |
| Стандарт на применение | |  | | X | |  | |
| Применение спецификации | |  | | X | |  | |
| Этап производства или жизненного цикла объекта, на котором должен проводиться контроль | |  | | X | |  | |
| Применение  рабочих методик | |  | | X | |  | |
| Способы и последовательность проведения контроля | | Состояние поверхности | | X | | X | |  | |
| Подготовка поверхности | | X | | X | |  | |
| Документы, оформляемые по итогам контроля | | X | | X | |  | |
| Изложение стандартов, правил и методик | |  | | X | | X | |
| Подготовка письменной инструкции | |  | | X | |  | |
| Подготовка письменной методики | |  | |  | | X | |
| 15.3.6  Проведение контроля | |  | | Проведение контроля в соответствии с  письменной инструкцией | | X | |  | |  | |
| Надзор за персоналом НК | |  | | X | | X | |
| Параметры | | Выявление поверхностных или подповерхностных  дефектов | |  | |  | | X | |
| Намагничивание | |  | |  | |  | |
| — Оборудование | | X | | X | |  | |
| — Тип тока | | X | | X | |  | |
| — Тип | | X | | X | |  | |
| Контроль условий  намагничивания | |  | |  | | X | |
| — Значения параметров намагничивания | |  | |  | | X | |
| — Сравнение способа приложенного поля и способа остаточной  намагниченности | |  | |  | | X | |
| — Проницаемость | |  | |  | | X | |
| — Насыщение | |  | |  | | X | |
| Способ | |  | | X | | X | |
| — Правильное применение | |  | | X | | X | |
| — Выбор | |  | | X | | X | |
| — Сила магнитного поля | |  | | X | |  | |
| — Пространственная ориентация | |  | | X | |  | |
| Отношение сигнал-шум | |  | | X | | X | |
| — Определение | |  | | X | |  | |
| — Взаимосвязь с контролем методом рассеяния магнитного потока | |  | | X | |  | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | — Методы улучшения отношения сигнал-шум | |  | | X | |  | |
| — Подавление шума | |  | |  | | X | |
| Скорость реагирования | |  | |  | | X | |
| Скин-эффект | |  | |  | | X | |
| Соединение | |  | | X | | X | |
| — Зазор | |  | | X | | X | |
| — Коэффициент заполнения | |  | |  | | X | |
| Соображения относительно обработки ­сигналов | | X | | X | | X | |
| — Выпрямление | | X | |  | | X | |
| — Усиление | |  | | X | | X | |
| — Фильтрация | | X | | X | | X | |
| Механизм считывания показаний | | X | |  | | X | |
| — Дисплеи | | X | |  | | X | |
| — Ленточный самописец | | X | |  | | X | |
| — Компьютеризированный сбор данных­ | | X | |  | | X | |
| Запись несплошностей | | X | |  | |  | |
| Отчетность | | X | |  | |  | |
| Расшифровка индикаций | |  | | X | |  | |
| Обработка деталей | | Остаточное поле | |  | | X | | X | |
| — Условия, при которых необходимо ­размагничивание | |  | | X | | X | |
| — Уровень остаточной намагниченности | |  | | X | | X | |
| — Влияние на дальнейшее использование материала | |  | | X | | X | |
| Размагничивание | | X | | X | | X | |
| — Основные принципы | | X | |  | |  | |
| — Минимальное значение магнитного поля согласно принципам размагничивания | |  | |  | | X | |
| 15.3.7  Оценка и отчетность | Условия проведения контроля | | Настройка контролирующей аппаратуры | | X | |  | |  | |
| Протокол контроля партии деталей | | X | | X | | X | |
| Протокол контроля | | Основы оценки | |  | | X | | X | |
| Отчет о дефектах | | X | | X | |  | |
| 15.3.8 Оценка | Оценка несплошностей | | Значимые и не значимые | |  | | X | |  | |
| Влияние процесса производства | |  | | X | | X | |
| Влияние материала | |  | | X | | X | |
| Определение характеристик | |  | | X | | X | |
| 15.3.9  Вопросы обеспечения качества | Квалификация персонала | | ISO 9712 | | X | | X | | X | |
| Другие системы квалификации и сертификации в области НК | | X | | X | | X | |
|  | | Документация | | Формат и объем рабочих методик | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Квалификация методик НК | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Допуск (НК ­инструкции, методик и персонала) | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Письменной инструкцией | | X | | X | |  | |
|  | |  | | Прослеживаемость документации | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Надежность измерений | |  | |  | | X | |
|  | | Знание | | Выбор правильного способа | |  | | X | | X | |
|  | | стандартов на применение ­НК и стандартов на продукцию | | Применение правильных параметров контроля | |  | | X | |  | |
|  | | Выбор метода НК | |  | |  | | X | |
|  | |  | | Профессиональная подготовка по специальности | |  | | X | | X | |
|  | |  | | Проверка оборудования | | X | | X | | X | |
| 15.3.10 Разработка | | Не рассматривается | |  | |  | |  | |  | |

Приложение A

*(информационное)*

Вариант часов подготовки для инновационных способов радиографии

Таблица A.1 — Сроки подготовки по радиографии (в часах)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Способ | Требующийся сертификат | Уровень 1 часы | Уровень 2 часы | Уровень 3 c часы |
| RT-F Пленочный | Отсутствует | 40 | 80 + RT-F1 подготовкаa,c | 40 + RT-F1,2 подготовкаa,b |
| RT-D 1 | 32 | 80 | 40 |
| RT-D 2,3 | 32 | 40 | 32 |
| RT-D 2,3 | — | 60c,d | 32 |
| RT-D Цифровой | Отсутствует | 40 | 80 + RT-D1 подготовкаa,c | 40 + RT-D1,2 подготовкаa,b |
| RT-F1 | 32 | 80 | 40 |
| RT-F 2,3 | 32 | 40 | 32 |
| RT-F 2,3, RT-S 2,3 | — | 60c,d | 32 |
| RT-S Радиоскопия | Отсутствует | 32 | 32 + RT-S1 подготовка | 32 + RT-S1,2 подготовкаa,b |
| RT-F 2,3 |  | 32 | 32 |
| RT-D 2,3 |  | 32 | 32 |
| Условные обозначения  RT: радиографический метод контроля  RT-F: для пленочного способа  RT-D: для цифрового способа (замена пленки)  RT-S для радиоскопического способа  a Подготовка на уровень 1 не требуется, если имеется доказательство наличия дополнительной технической квалификации (например, университетское образование).  b Требуется дополнительная базовая подготовка и экзамен по ISO 9712, а также практический экзамен по Уровню 2.  c Прямой доступ к подготовке возможен в случае, если имеется доказательство наличия дополнительной технической квалификации (например, университет).  d Прямой доступ к подготовке возможен только при наличии сертификата Уровня 2 или 3. | | | | |

Примечание - Стандарт ISO/TS 25108 содержит требования и рекомендации для организаций, проводящих подготовку специалистов неразрушающего контроля.

В наличии должно быть достаточное количество чистых образцов для контроля. Это включает образцы для контроля по различным секторам, ступенчатые клинья, экранирующие материалы и т.п.

В случае, если в наличии имеется только один реальный экземпляр аппарата для цифровой радиографии, например, цифровой матричный детектор (DDA) или система компьютерной радиографии, обучение работе с одной или обеими системами допускается заменить подготовкой в виртуальном режиме с использованием компьютерного программного обеспечения.

Программное обеспечение для виртуального обучения должно обладать следующими функциональными возможностями:

— Ввод различных объектов контроля (разные материалы/геометрия);

— Выбор и размещение индикаторов качества изображения (ISO 19232, ASTM E 1025, E 1742);

— Источники излучения: U/кВ, I/мА, спектр, размер источника, различные гамма-источники;

— Геометрия экспозиции: расстояния, углы излучения;

— Детекторы: DDA, CR, базовое пространственное разрешение: пленки, размер пикселя, фотонный шум, шум детектора, производительность;

— Закон ослабления и коэффициент накопления;

— Формат данных: ввод файлов формата CAD (например, \*.stl), вывод данных 16-битного изображения в форматах TIFF, DICONDE или RAW. Важно, чтобы данные были совместимы с программным обеспечением, используемым для просмотра;

— Программное обеспечение для обработки изображения согласно ISO 17636-2:2013, 7.9. Рекомендуется, чтобы дополнительно в наличии были следующие принадлежности:

— Различные наборы индикаторов качества изображения (ISO 19232) для используемых материалов;

— Несколько образцов для контроля, соответствующих конкретному сектору;

— Материалы маскирования и коллимации;

— Предфильтры различной толщины, изготовленные из различных материалов;

— Ступенчатые клинья, изготовленные из различных материалов, пригодные для построения графиков экспозиции.

Приложение В

*(информационное)*

Полезные ссылки

B.1 Радиографический контроль

B.1.1 Стандарты ISO

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ISO 3999 | ISO 5579 | ISO 5580 | ISO 10675-1 | ISO 10675-2 |
| ISO 11699-1 | ISO 11699-2 | ISO 14096-1 | ISO 14096-2 | ISO 15708-1 |
| ISO 15708-2 | ISO 16371-1 | ISO 16526-1 | ISO 16526-2 | ISO 16526-3 |
| ISO 17635 | ISO 17636-1 | ISO 17636-2 | ISO 19232-1 | ISO 19232-2 |
| ISO 19232-3 | ISO 19232-4 | ISO 19232-5 | ISO 5576 | ISO 15708-3 |
| ISO 15708-4 | ISO 20769-1 | ISO 20769-2 |  |  |
| B.1.2 Европейские стандарты | | |  |  |
| EN 12543-1 | EN 12543-2 | EN 12543-3 | EN 12543-4 | EN 12543-5 |
| EN 12679 | EN 12681 | EN 13068-1 | EN 13068-2 | EN 13068-3 |
| EN 16016-1 | EN 16016-2 | EN 16016-3 | EN 16016-4 |  |
| В.1.3 Стандарты ASTM | |  |  |  |
| ASTM E94 | ASTM E155 | ASTM E186 | ASTM E192 | ASTM E242 |
| ASTM E272 | ASTM E280 | ASTM E310 | ASTM E390 | ASTM E446 |
| ASTM E505 | ASTM E689 | ASTM E747 | ASTM E802 | ASTM E1000 |
| ASTM E1025 | ASTM E1030 | ASTM E1032 | ASTM E1114 | ASTM E1165 |
| ASTM E1255 | ASTM E1316 | ASTM E1320 | ASTM E1411 | ASTM E1416 |
| ASTM E1441 | ASTM E1570 | ASTM E1648 | ASTM E1647 | ASTM E1672 |
| ASTM E1695 | ASTM E1734 | ASTM E1742/ E1742M | ASTM E1814 | ASTM E1815 |
| ASTM E1935 | ASTM E1936 | ASTM E2002 | ASTM E2007 | ASTM E2033 |
| ASTM E2422 | ASTM E2445 | ASTM E2446 | ASTM E2597/ E2597M | ASTM E2660 |
| ASTM E2663 | ASTM E2669 | ASTM E2698 | ASTM E2699 | ASTM E2736 |
| ASTM E2737 | ASTM E2738 | ASTM E2767 | ASTM E2903 |  |

**B.1.4 Стандарты ASMЕ**

ASME BPVC Раздел V, Статья 2 ASME BPVC Раздел V, Статья 1

**B.2 Ультразвуковой контроль**

**B.2.1 Стандарты ISO**

ISO 2400 ISO 7963 ISO 13588 ISO 16809 ISO 16810

ISO 16811 ISO 16823 ISO 16826 ISO 16827 ISO 16828

ISO 17640 ISO 10863 ISO 18175 ISO 18563-1 ISO 18563-2

ISO 18563-3 ISO 5577 ISO 10375 ISO 16831

**B.2.2 Европейские стандарты**

EN 12668-1 EN 12668-2 EN 12668-3

**B.3 Система вихретокового**

ISO 15548-1 ISO 15548-2 ISO 15548-3 ISO 15549

ISO 17643

**B.4 Капиллярный контроль**

ISO 3057 ISO 3058 ISO 3059 ISO 3452-1 ISO 3452-2

ISO 3452-3

ISO 12706

ISO 3452-4

CEN/TR 16638

ISO 3452-5

CEN/TR 17108

ISO 3452-6

CEN/TS 17100

ISO 23277

**B.5 Магнитный контроль**

**B.51 Стандарты ISO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ISO 3058 | ISO 3059 | ISO 9934-1 | ISO 9934-2 | ISO 9934-3 |
| ISO 10893-3 | ISO 11960 | ISO 17638 | ISO 12707 |  |

**B.5.2 Европейские стандарты**

EN 1369 EN 10228-1

**B.5.3 Стандарты ASTM**

ASTM E570 ASTM E1571

B.6 Проверка на герметичность

B.6.1 Стандарты ISO

ISO 3530 ISO 20484 ISO 20485 ISO 20486

B.6.2 Европейские стандарты

EN 1779 EN 13184 EN 13625

B.7 Контроль акустической эмиссией

B.7.1 Стандарты ISO

ISO 12713 ISO 18249 ISO/TR 13115 ISO 18081 ISO 12714

ISO 12716

B.7.2 Европейские стандарты

EN 13477-1 EN 13477-2 EN 13554

B.8 Визуальный контроль

B.8.1 Стандарты ISO

ISO 3057 ISO 3058 ISO 5817 ISO 6520-1 ISO 8785

ISO 10042 ISO 17637

B.8.2 Европейские стандарты

EN 1330-10 EN 1370 EN 1559 EN 10163-1 EN 10163-2

EN 10163-3 EN 13018 EN 13445-5 EN 13480-5 EN 13927

B.8.3 Кодексы

Кодекс ASME Кодекс KTA

B.9 Общие положения

ISO/TS 25108

# **Приложение В.А**

*(информационное)*

**Таблица В.А.1 – Сведения о соответствии стандартов, ссылочным международным, региональным стандартам, стандартам иностранных государств другого года издания**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта стандартов | Степень соответствия | Обозначение и наименование национального стандарта |
| ISO 9712 Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel (Неразрушающий контроль. Квалификация и сертификация персонала НК) | IDT | СТ РК ISO 9712-2014/(ISO 9712:2012) Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала по неразрушающему контролю. |

|  |
| --- |
| **МКС 19.100** |
|  |
| **Ключевые слова:** контроль неразрушающий, метод неразрушающего контроля, визуальный, радиографический, ультразвуковой, вихретоковый, герметичности, магнитопорошковый, проникающими веществами, аккустико-эмиссионный, учебная программа, персонал |

|  |
| --- |
| **МКС 19.100** |
|  |
| **Ключевые слова:** контроль неразрушающий, метод неразрушающего контроля, визуальный, радиографический, ультразвуковой, вихретоковый, герметичности, магнитопорошковый, проникающими веществами, аккустико-эмиссионный, учебная программа, персонал |

**РАЗРАБОТЧИК**

РГП на ПХВ «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Заместитель**  **Генерального директора** |  | **Е.М. Амирханова** |
| **Руководитель**  **Департамента разработки НТД** |  | **А.Н. Сопбеков** |
| **Эксперт по стандартизации** |  |  |