

Содержание лекции:

- Общие сведения
- Понятие дефект и их классификация
- Выбор метода НК
- Методы НК:
 - оптические
 - акустические
 - проникающими веществами
 - магнитные
 - радиографические

Общие сведения. Термины и определения

Неразрушающий контроль (НК) – контроль качества металла, при котором не должна быть нарушена сплошность, работоспособность и внешний вид детали, заготовки

В соответствии с ГОСТ 18353 (ГОСТ Р 56542-2015) методы НК разделяются на следующие виды в зависимости от физических явлений, положенных в его основу:

- акустический контроль (ультразвуковой метод НК);
- магнитный контроль (магнитопорошковая дефектоскопия);
- контроль проникающими веществами;
- радиоволновый контроль;
- радиационный контроль (рентгеновский метод НК);
- оптический контроль;
- тепловой контроль;
- электрический контроль;
- электромагнитный (вихретоковый) контроль.
- твердометрия (условно, в зависимости от метода).

Методы неразрушающего контроля (НК) основываются на наблюдении, регистрации и анализе результатов взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с объектом контроля (ОК), характер которого зависит от химического состава, строения, состояния структуры контролируемого объекта.

К неразрушающим методам можно также отнести и метод прогонки калибровочным шариком, а также спектральные методы анализа химического состава, если они выполняются переносными спектрометрами, стилоскопами, а также замеры твердости, выполняемые также переносными твердомерами. Анализы и замеры производятся непосредственно на деталях, оставляя при этом на их поверхностях небольшие легкоудаляемые прижоги и отпечатки.

Все методы неразрушающего контроля являются косвенными методами.

Настройка, калибровка должны осуществляться по контрольным образцам, имитирующим измеряемый физический параметр.

Универсального метода неразрушающего контроля, способного обнаружить самые разнообразные по характеру дефекты, нет. Каждый отдельно взятый метод НК решает ограниченный круг задач.

Понятие «Дефект»

ГОСТ 15467-79 дает следующее определение термину «Дефект» – отклонение изготовленной продукции от требований, установленных нормативно-технической документацией.

Дефекты вызывают изменение физических характеристик металлов и сплавов – плотности, электропроводности, магнитной проницаемости, упругих свойств и т. д. Исследование изменений

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

характеристик металлов и обнаружение дефектов, являющихся причиной этих изменений, и составляет физическую основу методов неразрушающего контроля.

Дефекты бывают *явными*, т.е. выявляются визуально, и *скрытыми* (внутренними), которые без специальных приборов обнаружить невозможно.

По уровню значимости дефекты можно классифицировать на *незначительные, значительные и критические*.

К незначительным, можно отнести дефекты, при наличии которых заготовка/деталь/изделие в целом сохраняет все свои технические характеристики и качества, безопасность и работоспособность, но теряя в какой-то степени, товарный вид.

Значительный дефект – это дефект, который уже оказывает существенное влияние на работоспособность, безопасность, срок службы изделия и использование его по прямому назначению.

Критический же дефект делает дальнейшее использование продукции не только невозможным, но и недопустимым, заготовка/полуфабрикат/деталь/изделие бракуется.

Также дефекты можно разделить на подлежащие ремонту и подлежащие. Здесь определяющими факторами являются: характер дефекта и его размер, установленный НД (например, трещины, сквозные дефекты и непровары сварных швов не допускаются для оборудования опасных производственных объектов), а также экономическая целесообразность.

Выбор методов НК

Выбор методов и средств контроля и задачи, решаемые НК, на всех стадиях (этапах) изготовления и эксплуатации изделий во многом зависят от назначения изделия (объекта контроля - ОК).

На этапах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ НК применяется для:

- получения необходимых данных, подтверждающих правильность выбранных решений;
- для сокращения времени и объемов необходимых исследований;
- для отбора материалов, компонентов и оборудования, обеспечивающих получение продукции необходимого качества с минимальными затратами.

На этапе производства и испытаний опытной партии деталей НК применяется для отработки технологических процессов и конструкций, а также при испытании изделий. Результаты контроля используются для внесения изменений в конструкцию и технологические процессы с целью снижения материалоемкости и трудоемкости производства, повышения надежности и долговечности продукции. На этой стадии устанавливаются необходимые технические требования к НК качества изделия.

На этапе производства, испытаний и гарантийного обслуживания серийной продукции НК используется для подтверждения соответствия материалов, полуфабрикатов и готовых изделий заданным техническим требованиям (пассивный контроль); для целей управления и регулирования технологическими процессами (активный контроль).

На этапе эксплуатации и ремонта изделий и оборудования НК дает возможность предотвратить поломки и аварии, сократить простой и эксплуатационные расходы, увеличить сроки эксплуатации и межремонтных периодов, а также сократить продолжительность и стоимость ремонтов. На основе результатов НК может быть принято управленческое решение о дальнейшей эксплуатации изделия.

При выборе метода или комплекса методов НК конкретных деталей или узлов необходимо учитывать следующие основные факторы:

- цель;
- характер (вид) предполагаемой несплошности (пора, трещина, включение и т.д.) и ее расположение (поверхностное, внутри заготовки/детали)
- чувствительность метода контроля;
- условия работы деталей и технические условия (ТУ) на изделие;

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

- материал детали; состояние и шероховатость поверхности;
- форму и размер детали/заготовки;
- доступность детали и зоны контроля;
- условия контроля.

Рассмотрим факторы, влияющие на выбор методов НК.

Характер несплошностей, подлежащих выявлению. В зависимости от происхождения несплошности отличаются размерами, формой и средой, заполняющей полости. Так, например, трещины имеют протяженную форму с различным раскрытием и глубиной. В полости трещин могут быть окислы, смазка, нагар и другие загрязнения. Трещины характерны резкими очертаниями, острыми углами, а неметаллические включения, закаты и заковы часто бывают округлой формы. Поэтому, учитывая особенности несплошности, которую необходимо обнаружить, выбирают метод НК для ее надежного выявления. Так, для обнаружения поверхностных трещин с малой шириной раскрытия (0,5 - 5 мкм) на деталях из ферромагнитных материалов наиболее эффективным является магнитный, а из немагнитных материалов - вихретоковый или капиллярный методы и совершенно непригоден, например, радиографический. Для выявления внутренних скрытых несплошностей целесообразно применять радиационные или ультразвуковые методы.

Важной характеристикой любого метода неразрушающего контроля является его чувствительность, данная характеристика определяет наименьший размер дефекта, который может быть выявлен конкретным методом. Зависит от особенностей метода неразрушающего контроля, условий проведения контроля, материала изделий. Удовлетворительная чувствительность для выявления одних дефектов может быть совершенно непригодной для выявления дефектов другого характера.

Оценочные данные о чувствительности некоторых методов НК приведены в Таблица 1.

Таблица 1 – Чувствительность неразрушающих методов контроля

Метод НК	Минимальные размеры выявляемых несплошностей, мкм		
	Ширина раскрытия	Глубина	Протяженность
Визуально-оптический	5 ÷ 10	-	100
Капиллярные методы	1 ÷ 2	10 ÷ 30	100 ÷ 300
Магнитопорошковый	1	10 ÷ 50	30
Вихретоковый	0,5 ÷ 1	150 ÷ 200	600 ÷ 2000
Ультразвуковой	1 ÷ 30	-	-
Радиографический	100 ÷ 500	1 ÷ 1,5 % толщины*	-

* При толщине металла менее 7 мм относительная чувствительность радиографического метода резко снижается и при толщине 1 мм составляет 10 %

Место расположения возможных несплошностей. Несплошности можно условно разделить на **поверхностные**, **подповерхностные** (глубина залегания (0,5 ÷ 1,0) мм) и **внутренние** (глубина залегания более 1,0 мм). Для выявления поверхностных дефектов наиболее эффективны из них визуально-оптический, магнитопорошковый, вихретоковый и капиллярный. Для обнаружения подповерхностных несплошностей эффективны ультразвуковой, вихретоковый, магнитопорошковый, а внутренних - только ультразвуковой и радиографический.

Условия работы детали определяют наиболее вероятные места возникновения дефектов, связанных с повышенной концентрацией напряжений, воздействием знакопеременных нагрузок, агрессивных сред, температурных условий. Любые конструктивные или технологические дефекты могут стать очагами усталостного разрушения. Учет условий работы деталей позволяет определить критические места конструкции и установить за ними тщательный контроль неразрушающими методами.

Физические свойства материала имеют важнейшее значение при выборе вида и методов НК.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Для применения магнитопорошкового контроля материал должен быть ферромагнитным и однородным по магнитным свойствам структуры.

Для вихретокового контроля материал должен быть электропроводным, однородным по структуре и изотропным по магнитным свойствам.

Для УЗК материал должен быть однородным, мелкозернистым по структуре, должен обладать свойствами упругости и малым коэффициентом затухания ультразвуковых колебаний.

Для капиллярных методов – непористым и стойким к воздействию органических растворителей.

Применение методов просвечивания ионизирующими излучениями ограничивается лишь способностью материала поглощать данное излучение и толщиной материала.

Форма и размеры контролируемых деталей. Применимость некоторых видов контроля изделий сложной формы ограничена. Например, ультразвукового – из-за трудности расшифровки результатов контроля и наличия «мертвых» зон, часто требуется разработка индивидуальной методики контроля; капиллярного – из-за трудности выполнения отдельных операций, особенно подготовки деталей к контролю и удаления с поверхности проникающей жидкости.

Крупногабаритные изделия контролируют, как правило, по частям.

Зона контроля. В зоне не должно быть конструктивных элементов, препятствующих проведению контроля, например, для УЗК - отверстий, заклепок, болтов и т. д.

Состояние и степень шероховатости поверхности. Чувствительность методов НК, особенно магнитопорошкового, капиллярных, ультразвуковых зависит от степени шероховатости поверхности, наличия на ней различных защитных покрытий. Капиллярный контроль не может быть выполнен по лакокрасочным покрытиям. УЗК сварных соединений проводится при $R < 40$ мкм.

Условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту. Как правило, НК выполняется при температуре выше 0 °С. Зона контроля должна быть ограждена от источников загрязнения (например, от пыли зачистных машинок). Условия контроля должны быть безопасными с учетом того фактора, что внимание дефектоскописта должно быть максимально направлено на объект контроля.

Большинство методов НК может быть применено для контроля при доступе с одной стороны. Метод просвечивания ионизирующими излучениями требует доступа с двух сторон детали.

Очень часто применения одного вида контроля недостаточно для проверки качества изделия по требуемым параметрам. В таких случаях применяется комплекс видов НК. Например, при радиографическом контроле сварных соединений хорошо выявляются объемные несплошности (поры, шлаковые включения) и плоскостные дефекты с ориентацией, близкой к направлению просвечивания и с раскрытием более 100 мкм. УЗК хуже выявляет объемные дефекты, зато позволяет обнаруживать плоскостные дефекты с раскрытием менее 100 мкм. Сочетание этих методов при контроле ответственных металлоконструкций позволяет выявить все опасные дефекты указанных типов.

Основные методы НК, применяемые для контроля изделий АЭС, это:

- визуальный и измерительный;
- магнитопорошковый;
- ультразвуковой;
- радиографический.

Объем контроля, методики и нормы оценки назначаются НД, действующими в области атомной энергетики.

Рассмотрим основные особенности каждого метода.

Визуальный и измерительный контроль

Основными методами оптического вида НК являются визуальный и измерительный контроль (ВИК) и визуально-оптический. Данный вид контроля выполняется всегда в обязательном порядке.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Визуальным называется контроль, при котором первичная информация воспринимается органами зрения. С помощью зрения контролируют исходные материалы, полуфабрикаты и готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы и размеров, изъяны материала и обработки, поверхностные дефекты и прочее.

Визуальный контроль материала, кромок свариваемых элементов и сварных швов проводится с целью выявления коррозии на поверхности и поверхностных дефектов (трещин, расслоений, забоин, вмятин, раковин, пор, подрезов, шлаковых включений и других несплошностей), вызванных технологией изготовления или транспортировкой, подтверждения наличия и правильности клеймения, а также соответствия формы разделки кромок, подлежащих сварке, требованиям нормативно-технической документации.

Измерительным называется контроль, осуществляемый с применением средств измерений.

Измерительный контроль проводится с целью измерения размеров сварных швов и поверхностных дефектов, выявленных при визуальном контроле, а также подтверждения соответствия основных размеров изделий (деталей, сборочных единиц) требованиям рабочей документации. Средствами измерительного контроля являются линейки измерительные, угольники поверочные, штангенциркули, щупы, угломеры с нониусом, нутромеры, калибры, шаблоны, другой инструмент и приспособления.

Визуально-оптический контроль производится с использованием оптических приборов.

Основан на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом. Предназначены для обнаружения различных поверхностных дефектов материала деталей, скрытых дефектов, контроля закрытых конструкций, внутренних и труднодоступных мест поверхностей деталей оборудования (при наличии каналов для доступа оптических приборов к контролируемым объектам). Регистрация поверхностных дефектов осуществляется с помощью оптических устройств, создающих полное изображение проверяемой зоны.

Достоинства этих методов – простота контроля, несложное оборудование и сравнительно небольшая трудоемкость. Поэтому их применяют на различных стадиях изготовления деталей и элементов конструкций, в процессе регламентных работ и осмотров, проводимых при эксплуатации техники, а также при ее ремонте.

Однако данные методы имеют невысокую чувствительность и достоверность, применяют для поиска достаточно крупных поверхностных трещин, коррозионных и эрозионных повреждений, забоин, открытых раковин, пор, для обнаружения течей, загрязнений, наличия посторонних предметов и т. д.

Средством, расширяющим возможности визуально-оптического контроля при решении некоторых специфических задач, является травление. Травление находит применение для оценки структуры металла на протравливаемых участках, определения включений инородного металла (например, аустенита в перлите), определения местоположения сварного шва. При травлении выявляются также и дефекты поверхности, однако, в настоящее время предпочтение при поиске поверхностных дефектов типа нарушения сплошности отдается капиллярному контролю и магнитопорошковой дефектоскопии (МПД).

Поверхность участка металла, подлежащая травлению, должна быть отшлифована до шероховатости $Ra < 2,5$ мкм с постепенным переходом от шлифовки кругами с крупным зерном к шлифованию кругами с более мелким зерном, а затем - войлочным кругом.

Для травления перлитных материалов используется раствор состава: вода - 850 мл, над-сернистый аммоний - $(NH_4)_2S_2O_8$ - 150 г с последующим промыванием 10 % раствором HNO_3 .

Для аустенитных материалов используется реактив Приданцева: HCl (90 ÷ 500) мл, HNO_3 (10 ÷ 50) мл, H_2O (90 ÷ 500) мл, $K_2Cr_2O_7$ (4 ÷ 50) г.

Пропорции берут в зависимости от необходимого количества реактива. Продолжительность травления 30 ÷ 60 мин.

Контроль проникающими веществами

К этому методу неразрушающего контроля относятся капиллярные методы и методы течеискания.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка.

Методы капиллярной дефектоскопии предназначены для обнаружения открытых, в том числе сквозных, дефектов, выходящих на поверхность: трещин, пор, раковин, непроваров, свищей и других несплошностей поверхности изделий без их разрушения.

Эти методы применяют не только для обнаружения, но и для подтверждения дефектов, выявленных другими методами дефектоскопии - визуальным, магнитным, вихревых токов и др.

Более подробно с методикой можно ознакомиться в ГОСТ 18442.

Наиболее распространенными капиллярными методами являются цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц, радиоактивных жидкостей и др.

По способу получения первичной информации различают два основных метода капиллярной дефектоскопии: цветной и люминесцентный.

Цветным называется жидкостный метод НК, основанный на регистрации контраста цветного индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля (ОК).

Люминесцентным называется жидкостный метод НК, основанный на регистрации контраста люминесцирующего в ультрафиолетовом излучении видимого индикаторного рисунка на фоне поверхности ОК.

Этими методами контролируются детали любых размеров и форм из ферромагнитных и неферромагнитных черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики и других твердых непористых материалов. Они позволяют выявлять:

- сварочные, термические и усталостные трещины;
- пористость, непровары и другие дефекты типа открытых несплошностей различной локализации и протяженности, невидимые невооруженным глазом и лежащие в пределах чувствительности и надежности дефектоскопических средств.

Эти методы применяются для контроля деталей термически и механически обработанных, шлифованных, полированных, фрезерованных и не имеющих каких-либо покрытий, и поверхностных загрязнений, препятствующих проникновению индикаторной жидкости.

Чувствительность метода зависит от шероховатости поверхности, применяемых дефектоскопических материалов и условий контроля (температура, влажность, освещенность). Могут быть выявлены дефекты с минимальным раскрытием (0,0001 ÷ 0,001) мм и глубиной 0,02 мм. Для реализации цветного метода используются дефектоскопические комплекты в зависимости от требуемой чувствительности.

Чувствительность капиллярного контроля определяется по среднему раскрытию неразветвленной трещины длиной не менее 3 мм. В зависимости от минимальной ширины раскрытия выявляемого дефекта в капиллярной дефектоскопии различают четыре класса чувствительности. При контроле изделий АЭС контроль производят по II классу чувствительности.

В Таблица 2 [normacs://normacs.ru/11320?dob=42552.000000&dol=42611.689213](https://normacs.ru/11320?dob=42552.000000&dol=42611.689213) - т 1 представлены классы чувствительности в соответствии с ГОСТ 18442 в зависимости от ширины раскрытия минимальной из выявленных единичных трещин.

Таблица 2 – Классы чувствительности капиллярного контроля

Класс чувствительности	Ширина раскрытия трещин на контрольном образце (мкм)
I	Менее 1,0
II	От 1,0 до 10,0
III	От 10,0 до 100,0
IV	От 100 до 500

технологический	не нормируется
-----------------	----------------

Класс чувствительности устанавливается проектной (конструкторской) организацией в соответствии с требованиями Правил, НД или ПТД. В случае отсутствия указаний по выбору чувствительности при проведении контроля рекомендуется капиллярный контроль проводить по II классу чувствительности.

При использовании капиллярной дефектоскопии для обнаружения сквозных (т. е. соединяющих противоположные стенки объекта контроля) дефектов, индикаторную жидкость наносят с одной стенки объекта контроля, а проявитель - с другой. Обнаружение сквозных дефектов входит в задачу течеискания (контроля герметичности).

Методы течеискания основаны на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты контролируемого объекта. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов гидро-, топливо-, масляных систем силовых установок и т. п. К методам течеискания относятся гидравлическая опрессовка, аммиачно-индикаторный метод, фреоновый, масс-спектрометрический, пузырьковый, с помощью гелиевого и галоидного течеискателей и т. д. Проведение течеискания с помощью радиоактивных веществ позволило значительно увеличить чувствительность метода.

Подробнее с методикой проведения капиллярного контроля можно ознакомиться в Приложении 1.

Магнитные методы/ Магнитопорошковый



Методы магнитного контроля являются наиболее старыми из методов НК с применением приборов и дефектоскопических материалов. Еще в 1868 г. англичанин Саксби (Stephen Martin Saxby, 1804-1883) применил компас для определения дефектов в пушечных стволах. В 1917 г. американец Хоке применил железные опилки для обнаружения трещин в стальных деталях.

Магнитные методы НК основаны на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом.

Магнитопорошковый метод применяется для выявления поверхностных и подповерхностных (на глубине до 1,5 ÷ 2 мм) дефектов типа нарушения сплошности материала изделия: трещины, волосовины, расслоения, флокены, непровары стыковых сварных соединений, закатов и т.д.

Используется для контроля изделий любых габаритных размеров и форм, если магнитные свойства материала изделия (относительная максимальная магнитная проницаемость не менее 40) позволяют намагничивать его до степени, достаточной для создания поля рассеяния дефекта, способного притянуть частицы ферромагнитного порошка. Магнитно-порошковый метод нашел широкое применение на заводах в промышленности, ремонтных предприятиях и эксплуатирующих подразделениях.

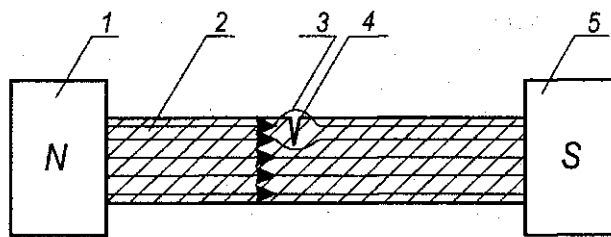
Существуют разные магнитные методы, отличающиеся как первичными информативными параметрами (коэрцитивная сила, магнитная проницаемость, остаточная индукция и др.), так и способом получения первичной информации (магнитографический, феррозондовый, магнитопорошковый и др.). Ниже рассмотрим только один, наиболее применяемый в энергомашиностроении – магнитопорошковый.

Контроль поверхностей отливок из сталей перлитного класса и высокохромистых после дробеструйной обработки должен осуществляться только магнитопорошковым методом.

Принцип МПД

Основой магнитопорошкового метода (или магнитопорошковой дефектоскопии - МПД) является регистрация магнитных полей рассеяния над дефектами с использованием в качестве индикатора ферромагнитного порошка или магнитной суспензии.

Магнитный поток в бездефектной части изделия не меняет своего направления. Если же на его пути встречаются участки с пониженной магнитной проницаемостью, например, дефекты в виде разрыва сплошности металла (трещины, неметаллические включения и т. д.), то часть магнитных силовых линий выходит из детали (см. Рисунок 1). Там, где они выходят из детали и входят в нее обратно, возникают местные магнитные полюсы N, S и магнитное поле над дефектом. После снятия намагничивающего поля магнитное поле над дефектом и местные полюсы остаются из-за остаточной индукции.



1, 5 – полюсы постоянного магнита; 2 – деталь; 3 – поле рассеяния; 4 – дефект

Рисунок 1. Схема образования магнитного поля над дефектом

Так как магнитное поле над дефектом неоднородно, то на магнитные частицы, попавшие в это поле, действует сила, стремящаяся затянуть частицы в место наибольшей концентрации магнитных линий, т. е. к дефекту. Частицы в области поля дефекта намагничиваются и притягиваются друг к другу как магнитные диполи под действием силы так, что образуются цепочные структуры, ориентированные по магнитным силовым линиям поля. Таким образом, над дефектом происходит накопление ферромагнитных частиц.

МПД является одним из самых распространенных методов обнаружения дефектов типа нарушения сплошности металла. Его преимущества: высокая чувствительность; возможность контроля деталей, находящихся в конструкции; сравнительно высокая производительность контроля.

Наибольшая вероятность выявления дефектов достигается в случае, когда плоскость дефекта составляет угол 90° с направлением намагничивающего поля (магнитного потока). С уменьшением этого угла чувствительность метода снижается, и при углах существенно меньших 90° дефекты могут быть не обнаружены.

Чувствительность МПД определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия (максимальной магнитной проницаемостью, остаточной индукцией и коэрцитивной силой), шероховатостью поверхности контроля, а также напряженностью намагничивающего поля, его ориентацией по отношению к плоскости дефекта, качеством дефектоскопических материалов и освещенностью контролируемой поверхности.

Вихретоковый метод НК (электромагнитный)

Этот вид неразрушающего контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объект контроля этим полем.

Данный метод применяют для контроля деталей, изготовленных из электропроводящих материалов.

Вихретоковый контроль предназначен для выявления поверхностных и подповерхностных несплошностей в изделиях из черных и цветных металлов (стали, титана, алюминия), а также из углепластиков и композиционных материалов. В том числе - для выявления трещин, пор, волосовин, шлаковых и иных неметаллических включений в основном металле, а также в клепаных, болтовых и сварных соединениях со снятым усилением и шероховатостью поверхность не более Ra 2,5 мкм.

Вихретоковый метод дефектоскопии заключается в том, чтобы при помощи вихретокового дефектоскопа и преобразователя (ВТП) наводить в объекте контроля (ОК) индукционные (вихревые) токи, электромагнитное поле которых рассеивается на участках с дефектами. Электродвижущая сила (ЭДС) этого поля воздействует на катушку (у резонансных, или однокатушечных ВТП) или катушки (у многообмоточных ВТП) вихретокового преобразователя. Дефектоскоп фиксирует напряжение этого поля (сопротивление на катушках) и отображает результаты в виде временной развертки (графиков) либо комплексной плоскости с применением секторных и/или круговых масок для более наглядной визуализации сигналов. Вихревые токи являются замкнутыми электрическими токами в проводнике (ОК), возникающими при изменении магнитного потока, который его пронизывает. Помимо дефектоскопии, вихретоковый метод НК позволяет решать и другие задачи - например, по измерению толщины немагнитных покрытий, определению электропроводимости черных и цветных металлов, сортировке металлопроката и пр.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Особенности присущие вихретоковым методам: многопараметровость, бесконтактный контроль, нечувствительность к изменению влажности, давления и загрязненности газовой среды и поверхности объектов контроля непроводящими веществами.

Вихретоковые методы имеют два основных ограничения:

- применяются только для контроля электропроводящих изделий;
- имеют малую глубину контроля, связанную с особенностями проникновения электромагнитных волн в объект контроля.

Контрольно-измерительные задачи, решаемые с помощью вихретоковых методов:

- обнаружение трещин, раковин, неметаллических включений и других видов нарушений сплошности (дефектоскопия);
- измерение толщины прутков, стенок труб (при одностороннем доступе), диаметр проволок, а также толщины лакокрасочных, эмалевых, керамических, гальванических и других покрытий, нанесенных на электропроводящую основу (толщинометрия);
- контроль химического состава, механических свойств, остаточных напряжений (структуроскопия).

Метод ультразвукового контроля

Ультразвуковой контроль (УЗК) - вид неразрушающего контроля, включающий в себя ультразвуковую дефектоскопию (УЗД) и толщинометрию (УЗТ).

Физической основой УЗК является способность ультразвуковых волн отражаться от мест границ сред, отличающихся между собой своими характеристиками. Колебания с высокой частотой (примерно 20 тысяч Гц) способны проникать в металл и отражаться от дефектов. Узконаправленная волна, создаваемая дефектоскопом, проходит сквозь объект контроля. При наличии дефекта она распространяется с отклонениями, которые можно зафиксировать на экране прибора. Показания, полученные в ходе УЗК, позволяют узнать информацию о характере выявленного дефекта. Например: по времени прохождения ультразвукового сигнала – измеряется расстояние до неровности; по амплитуде колебания отражённой волны – примерные размеры дефекта.

Данный метод предназначен для обнаружения в металлических заготовках внутренних дефектов типа трещин, непровары, несплавления, расслоений, пор, скоплений неметаллических включений/дефектов и иные подповерхностные дефекты – как одиночные, так и их скопления.

Для ультразвукового контроля используется специальная аппаратура: ультразвуковые дефектоскопы; прямые и наклонные совмещённые, раздельно-совмещённые и раздельные, поворотные пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП), контактные жидкости, калибровочные и настроечные образцы, сканирующие устройства, ультразвуковые толщиномеры и др.

В зависимости от способа проведения ультразвуковой контроль может быть ручным (РУЗК), механизированным (МУЗК) или автоматизированным (АУЗК).

Сегодня используют четыре основных методики выполнения ультразвукового метода неразрушающего контроля. Их отличия заключаются в способах, применяемых для получения и оценки информации о дефектах

Импульсный эхо-метод. В ходе диагностики ультразвуковую волну направляют на контролируемую область, а отражённый от дефекта сигнал регистрируют. Эхо-метод предполагает использование одного преобразователя в качестве как приёмника, так и источника волны.

Теневой. По разные стороны от контролируемой зоны устанавливают два преобразователя. Один из них формирует УЗ-волну, а второй регистрирует отражённый сигнал. При использовании теневого метода о наличии дефекта можно говорить в случае исчезновения УЗ-колебаний. В потоке возникает «глухая зона». Она говорит о том, что в этом месте сигнал не смог пройти из-за дефекта.

Зеркальный эхо-метод. В этом случае оба преобразователя устанавливаются на одной стороне. Первый прибор формирует УЗ-колебания, которые отражаются от неровности, а второй регистрирует их.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Данный метод особенно эффективен, если необходимо найти дефекты, расположенные под прямым углом относительно поверхности исследуемого изделия (трещины и пр.).

Зеркально-теневой метод. По сути – это теневой метод. Однако приборы размещаются на одной стороне. В ходе дефектоскопии оператор регистрирует не прямой, а отражённый от второй поверхности контролируемой зоны поток УЗ-волн. О наличии дефекта говорят «глухие зоны» в отражённых колебаниях.

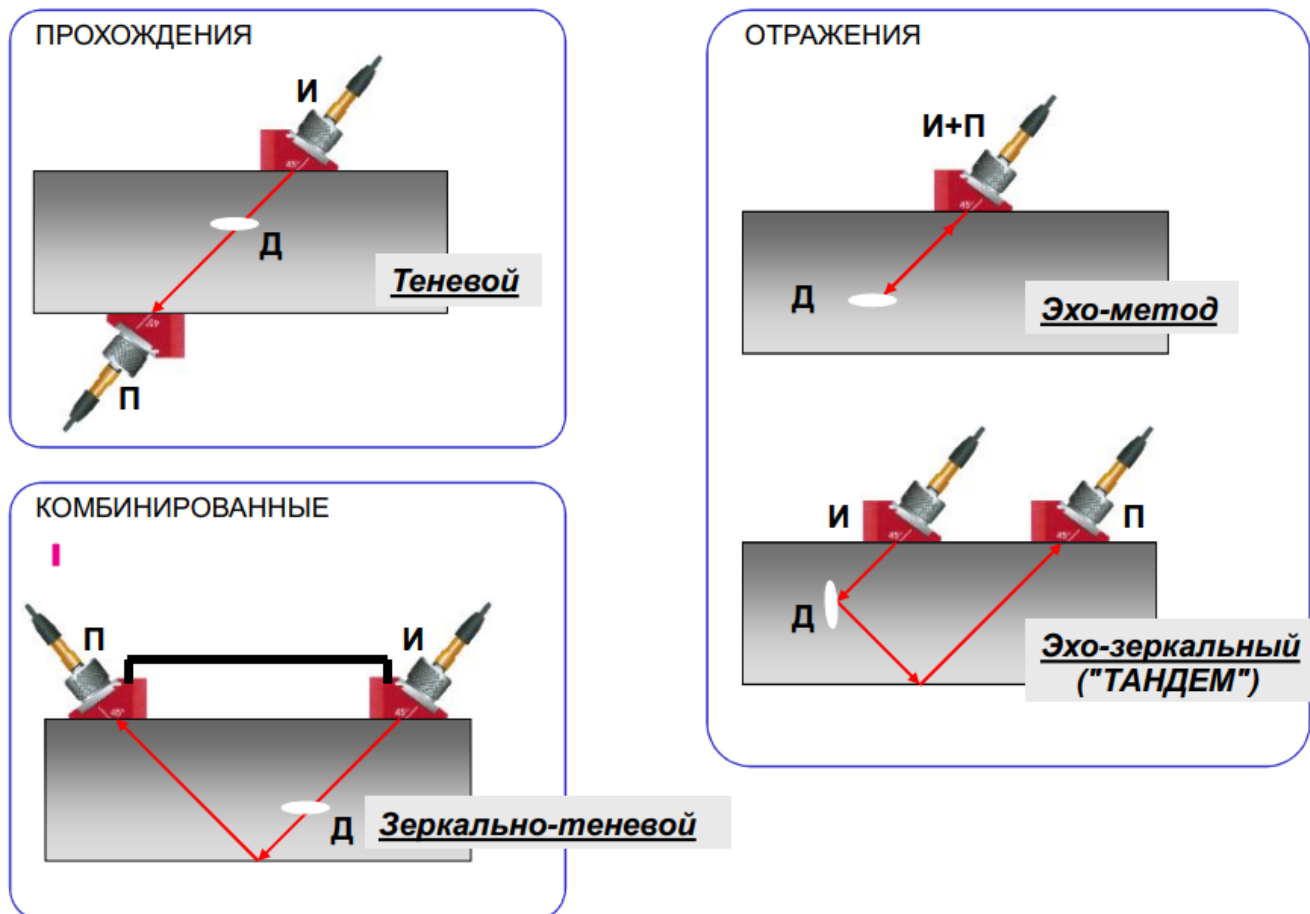


Рисунок 2. Методы проведения контроля

Порядок проведения дефектоскопии зависит от класса металла, который нужно проверить, а также от требований, предъявляемых к нему. Процесс на несколько этапов, это:

- **визуальный осмотр.** Оператор перед проведением дефектоскопии осматривает прокат на предмет видимых повреждений.
- **выбор характеристик и методов контроля.** В зависимости от класса заготовки выбирается метод выполнения УЗК.
- **подготовка поверхности.** С поверхности удаляют остатки шлака, лакокрасочных покрытий, крупные неровности и следы коррозии. Зона выполнения УЗК покрывается специальным составом, включающим воду, минеральные масла или особые густые клейстеры. Это даёт ультразвуковым сигналам возможность проникать внутрь металлического листа без препятствий.
- **подготовка оборудования.** В зависимости от выбранного метода выполнения УЗК мастер размещает, подключает и настраивает приборы, проводит настройку чувствительности на образцах.
- **проведение дефектоскопии.** Оператор медленно сканирует металлический лист. При возникновении сигналов от дефектов подбирается контрольный уровень чувствительности. Все данные фиксируются оператором.
- **фиксация результатов контроля.** Информация о найденных дефектах заносится в специальный журнал. Также на основании полученных данных определяется качество стального листа в зависимости от требований, которые к нему предъявляются.

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

Преимущества ультразвукового метода контроля:

- доступная стоимость: УЗК обходится значительно дешевле, чем ряд других методов дефектоскопии;
- безопасность: ультразвуковое излучение не оказывает негативного влияния на оператора, проводящего исследование;
- мобильность: портативные аппараты для дефектоскопии позволяют проводить проверку на выезде;
- достаточно высокая точность;
- неразрушающее воздействие: изделия сохраняются в своём первоначальном виде, что позволяет избежать дополнительных финансовых затрат.

Основные минусы УЗК

- Тщательная подготовка поверхности перед проведением контроля: шероховатость поверхности должна быть не более Ra 6,3 (Rz 40) для обеспечения хорошего контакта датчика с поверхностью контроля
- не позволяет получить точную информацию о размерах дефекта

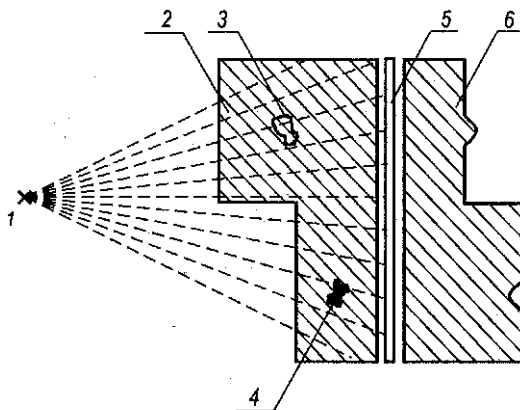
Радиографический контроль

Радиографический контроль (РК) – один из ключевых методов неразрушающего контроля (НК), основанный на ослаблении ионизирующего – рентгеновского излучения или гамма-излучения - при взаимодействии с материалом объекта контроля (ОК). Проникающие излучения (рентгеновское, потока нейтронов, γ - и β -лучей), проходя через толщу материала детали и взаимодействуя с его атомами, несут различную информацию о внутреннем строении вещества и наличии скрытых дефектов внутри контролируемых объектов.

При радиационном контроле применяются рентгеновское (тормозное); гамма- и нейтронное излучение. Источниками тормозного излучения служат рентгеновские аппараты и ускорители заряженных частиц (электронов). В них поток электронов, проходя большие разности потенциалов, ускоряется, т. е. электроны приобретают большую кинетическую энергию. Затем электроны тормозятся на мишени, при этом кинетическая энергия их движения переходит в энергию электромагнитного излучения.

По способу регистрации излучения различаются радиографический, радиоскопический и радиометрический методы радиационного контроля

Среди методов радиационной дефектоскопии наибольшее распространение получил **метод прошедшего излучения**. Направленный поток излучения, падающий на объект контроля, взаимодействует с его материалом (поглощается и рассеивается). Степень ослабления этого потока зависит от толщины и плотности материала объекта, а также от энергии излучения. Наличие в слое материала контролируемого объекта несплошностей в виде раковин или трещин либо включений с плотностью больше плотности материала объекта контроля приводит к появлению в пространственном распределении прошедшего через слой материала потока излучения максимумов, либо минимумов соответственно (см. Рисунок 3). Таким образом формируется радиационное изображение, которое может быть визуализировано с помощью, например, радиографической пленки в виде участков с различной оптической плотностью.



1 – источник излучения; 2 – контролируемый объект; 3 – раковина; 4 – включение более плотное, чем материал контролируемого объекта; 5 – детектор (радиографическая пленка); 6 – распределение потока излучения за объектом

Рисунок 3. Схема радиографического метода контроля

Радиография – это метод радиационного НК, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение.

Чувствительность метода определяется минимальным размером обнаруживаемого дефекта в направлении просвечивания. Выражается либо в единицах длины (абсолютная чувствительность), либо в процентах (относительная чувствительность).

Порядок проведения контроля достаточно трудоемкий, основные этапы изложены в Приложении 2.

Резюмируя, к преимуществам НК можно отнести:

- сравнительно большая скорость контроля;
- высокая надежность (достоверность) контроля;
- возможность механизации и автоматизации процессов контроля;
- возможность применения НК в пооперационном контроле изделий сложной формы;
- возможность применения НК в условиях эксплуатации без разборки машин и сооружений, и демонтажа их агрегатов;
- сравнительная дешевизна контроля и др.

Приложение 1: Методика выполнения капиллярного контроля

Методика капиллярного контроля

Капиллярный контроль проводится после визуального контроля и перед проведением контроля другими методами (ультразвуковым, магнитопорошковым).

В случае необходимости проведения капиллярного контроля после магнитопорошкового (при наличии затруднений с расшифровкой результатов) перед подготовкой поверхности объект контроля размагничивается с проверкой на полное отсутствие остаточной намагниченности.

Последовательность операций контроля показана на рисунке 1.

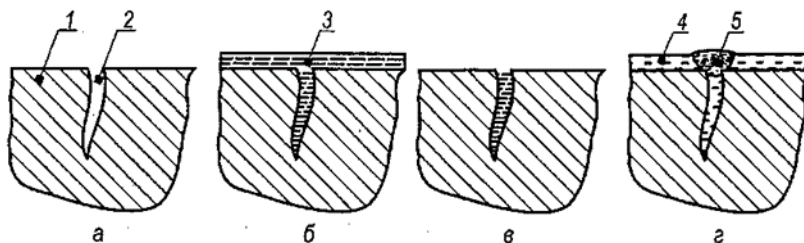


Рисунок 1. Схема капиллярного контроля детали: а – трещина, вышедшая на поверхность детали; б – нанесение на поверхность детали пенетранта, проникающего в полость трещины; в – удаление пенетранта с поверхности детали; г – нанесение проявителя; 1 – деталь; 2 – полость трещины; 3 – проникающая жидкость; 4 – проявитель; 5 – индикаторный след трещины.

- изучение карт контроля;
- проверка дефектоскопических материалов;
- подготовка к контролю:
- подготовка мест производства к контролю; зачистка объекта контроля;
- подготовка зачищенной поверхности к последующим контрольным операциям;
- выполнение контроля:
- нанесение индикаторного пенетранта;
- удаление индикаторного пенетранта;
- нанесение и сушка проявителя;
- осмотр поверхности (классификация индикаторных следов при наличии);
- оценка результатов;
- очистка объекта после контроля

Рассмотрим более подробно основные операции.

Подготовка контролируемой поверхности. Шероховатость поверхности под контроль зависит от класса чувствительности и для II класса должна быть не более $R_z 20$. Зачищенная контролируемая поверхность должна быть освобождена от грязи и обезжирена. Необходимый способ очистки и требуемая чистота обработки поверхности определяется в соответствии с нормативно-технической документацией на контроль. Перед нанесением индикаторной жидкости необходимо провести сушку изделия для освобождения полостей дефектов от влаги и растворителей, применяемых при очистке.

Нанесение индикаторного пенетранта с целью заполнения полостей дефектов, выходящих на контролируемую поверхность. На предварительно подготовленную контролируемую поверхность необходимо обильно нанести индикаторный пенетрант и выдержать $5 \div 10$ мин. Нанесение пенетранта производится с помощью кисти или аэрозольного баллона. За указанное время пенетрант наносят не менее $3 \div 4$ раз. При этом нельзя допускать высыхания предыдущего слоя.

Удаление пенетранта с поверхности производится протиркой бязью, смоченной в очистителе. После удаления на контролируемой поверхности должен отсутствовать окрашенный фон. Места, имеющие фон,

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

очищают повторно. Поверхность высушивается чистой сухой бязью или сжатым воздухом до удаления капель очистителя.

Нанесение проявителя производится с целью извлечения пенетранта из полостей дефектов. Проявитель наносится мягкой кистью или распылением из аэрозольного баллона. Слой проявителя на контролируемой поверхности должен быть ровным, тонким (толщина $10 \div 15$ мкм), без наплывов и подтеков.

Сушка проявителя на контролируемой поверхности. После нанесения проявителя изделие выдерживается при температуре окружающей среды или высушивается до окончания процесса выявления индикаторных следов. Продолжительность выдержки зависит от свойств дефектоскопических материалов и от температуры окружающей среды.

Выявление дефектов и оценка качества. После высыхания проявителя осмотр контролируемой поверхности на наличие дефектов производится дважды: через $3 \div 5$ мин и через $15 \div 20$ мин. При первом осмотре выявляются дефекты небольшой глубины и достаточно большого раскрытия, а при втором - дефекты глубокие, с малым раскрытием.

При цветном методе осмотр требует хорошего освещения ОК. Освещенность контролируемой поверхности выбирается в зависимости от класса чувствительности. Общая освещенность рабочего места для II класса чувствительности должна быть 500 - 750 лк, а комбинированная освещенность (общая и местная) - 2000 - 2500 лк.

Оценка качества при капиллярном контроле может проводиться как **по индикаторным следам**, так и по **фактическим характеристикам выявленных несплошностей после удаления проявителя в зоне зафиксированных индикаторных следов**. Индикаторные следы могут быть округлыми (с отношением длины к ширине не более 3) и удлинёнными (с отношением длины к Ширине более 3). Их допустимые размеры и количество устанавливаются нормативно-технической документацией на контроль.

Перед проведением контроля необходимо проверять качество дефектоскопических материалов на контрольных образцах соответствующего класса чувствительности. Такими образцами могут быть образцы с естественными или искусственными дефектами. Образцы с естественными дефектами представляют собой части изделий с дефектами, соответствующими заданному классу чувствительности.

Технология люминесцентного метода контроля та же, что и цветного, но контроль должен проводиться в затемненном помещении с использованием люминесцентной индикаторной жидкости и ультрафиолетовой лампы для осмотра контролируемой поверхности. Индикаторные следы имеют, как правило, желто-зеленое свечение. Метод считается более чувствительным, чем цветной, однако, при его реализации возникает больше ложных дефектов из-за невозможности полностью смыть пенетрант с поверхности контроля.

Нормативные документы

ГОСТ Р 50.05.08-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Визуальный и измерительный контроль;

ГОСТ Р 50.05.09-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Капиллярный контроль.

НП-105 «Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже»

ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования»

Также при назначении норм оценки можно воспользоваться СТ ЦКБА 010-2004 «Поковки, штамповки и заготовки из проката. Технические требования»

Рекомендации по назначению контроля:

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

- контроль капиллярной и (или) магнитопорошковой дефектоскопией следует производить на обработанных поверхностях деталей, находящихся под давлением, в местах перерезания волокон с толщиной стенки не более 8 мм, а также при наличии указаний в чертежах при толщине стенки более 8 мм. Место контроля должно быть указано в чертеже;
- для заготовок, изготавливаемых методом облойной штамповки, места обрезки облоя подвергаются обязательному контролю капиллярной дефектоскопией.

Приложение 2: Порядок выполнения радиографического контроля

Порядок выполнения радиографического контроля определяется технологической картой контроля, разработанной в соответствии с руководящими НТД, и включает в себя следующие основные операции.

Осмотр объекта контроля (например, сварного соединения) на предмет отсутствия брызг металла, окалины, шлака, остатков изоляционного покрытия, прочих загрязнений. Поскольку к РК приступают лишь после того, как ОК прошел ВИК, то на поверхности должны отсутствовать несплошности и неровности, которые могут помешать расшифровке рентгеновских снимков и выявлению внутренних дефектов. Так, на участках шва с меньшей высотой усиления плотность потемнения будет чуть выше - целесообразно сразу это учитывать, что не ошибиться при последующей расшифровке. Глубина межваликовых западаний не должна превышать 1,0 мм - иначе они тоже могут оставить след на снимке. Это особенно характерно для стыков после ремонта. На радиационное изображение ОК могут повлиять и другие отклонения геометрических параметров, и поверхностные дефекты - смещение кромок, грубая чешуйчатость, подрезы и пр.

Нарезка рентгеновской плёнки и заправка кассет. Каждую кассету, "заряженную" рентгеновской плёнкой с маркировочными знаками, лучше перевозить на ОК в бумажном конверте. Если таковых нет, то придётся прокладывать между кассетами листы бумаги. Что до самих кассет, то их изготавливают из прочных, эластичных и влагостойких материалов (резины, ПВХ) по размеру форматных рентгеновских плёнок в соответствии с ГОСТ 15843-79. Основные требования к кассетам: абсолютная светонепроницаемость, устойчивость к возникновению электростатических разрядов, сохранение эластичности даже при отрицательных температурах для плотного прижима к изогнутой поверхности ОК, наличие прошитой окантовки и кармашков для эталонов чувствительности и маркировочных знаков.

Разметка и маркировка ОК. Начало отсчёт координат чаще всего обозначают на отметке "12 часов" на верхней образующей трубы. Направление отсчёта - обычно по часовой стрелке относительно направления рабочего потока. Затем устанавливают мерительный пояс. Мерительный пояс не должен накладываться на сварной шов и околшовную зону, ширина которой определяется руководящими НТД и ОТК. Регламент РД-25.160.10-КТН-016-15, например, требует, чтобы ширина контролируемой зоны стыкового сварного соединения составляла не менее толщины свариваемых деталей, но не менее 5 мм (при толщине кромок до 20 мм включительно) либо не менее 20 мм (при толщине свариваемых кромок больше 20 мм). Мерные пояса изготавливаются из эластичного, но прочного материала (например, ПВХ) и изготавливаются под конкретные диаметры труб. Внутри мерного пояса находятся свинцовые цифры, изображение которых присутствует на рентгеновском снимке. По ним и выполняется отсчёт координат обнаруженных дефектов. Если для радиографического контроля используется рулонная плёнка, то разметка ограничивается обозначением начала и направления отсчёта и закреплением мерительного пояса. Если же речь идёт об РК трубопроводов малого диаметра и схеме фронтального просвечивания через две стенки за две установки ИИИ, то необходимо дополнительно маркировать рентгеновские плёнки (форматные), обозначая порядковый номер экспозиции и границы контролируемых участков. Маркировочные знаки представляют собой литеры, цифры и спецсимволы из свинца. Чтобы привязывать снимки к сварному соединению и контролируемому участку, при помощи маркировочных знаков обозначают номер стыка, дату проведения радиографического контроля, шифр ОК, шифр дефектоскописта, шифр или клеймо сварщика (бригады сварщиков). Если используется мерительный пояс - то координаты дефектов будут определяться по свинцовым цифрам, которые в него зашиты. Если мерительного пояса нет, то каждой рентгеновской плёнке присваивают порядковый номер, который также обозначается маркировочным знаком. Для закрепления плёнки на поверхности ОК используются жгуты, магнитные держатели, резинки, согнутые электроды и прочие приспособления.

Установка эталонов чувствительности на ОК, например, при помощи двухстороннего скотча или пластилина. На рентгеновском снимке должно присутствовать их полное изображение - при условии, разумеется, что оно не должно накладываться на изображение сварного шва и околшовной зоны. При панорамном просвечивании обычно требуется наличие одного ИКИ на каждую четверть его окружности кольцевого сварного соединения. Также НТД могут предусматривать оценку высоты дефектов путём

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

сравнения их потемнения на рентгеновском снимке с эталонными канавками либо отверстиями канавочного эталона чувствительности или при помощи специальных выпуклости/вогнутости корня шва.

Закрепление рентгеновского аппарата в соответствии с заданной схемой просвечивания. При просвечивании изнутри трубопровода могут применяться рентгенографические кроулеры со стойкой и регулируемым подвесным каркасом, чтобы выставлять ИИИ ровно посередине трубы (по высоте). При фронтальном просвечивании для закрепления рентгеновского аппарата снаружи трубы используются пристяжные ремни, цепи, верёвки, постоянные магниты, "пауки" и иные крепёжные приспособления. В случае со стыковыми сварными соединениями источник ионизирующего излучения стараются размещать таким образом, чтобы экспонирование проводилось перпендикулярно поверхности ОК либо по направлению разделки кромок - чтобы было проще выявить возможные дефекты по линии сплавления. Для схемы фронтального просвечивания через две стенки за две установки ИИИ (на эллипс) смещение источника ионизирующего излучения также не должно превышать допустимых значений (определяются в НТД на радиографический контроль). Расстояние от ИИИ до близлежащей поверхности контролируемого сварного соединения рассчитывается по формулам (ГОСТ 7512-82, приложение 4) и подбирается таким образом, чтобы геометрическая нерезкость изображений дефектов на рентгенограммах не превышала половины требуемой чувствительности (если она не превышает 2 мм) или 1 мм (если чувствительность больше 2 мм). Чем больше расстояние от детектора до поверхности сварного соединения - тем выше геометрическая нерезкость и тем ниже получается контрастность снимков. Если геометрическая нерезкость превышает допустимые значения, то рентгенограмма получается слишком размытой. Чтобы улучшить геометрическую нерезкость, детектор (плёнку, запоминающую фосфорную пластину или цифровой матричный детектор) следует располагать как можно ближе к поверхности ОК, а расстояние от неё до ИИИ - наоборот, по возможности, увеличивать, чтобы обеспечить наименьший размер фокусного пятна. При выборе схемы просвечивания также учитывается относительное увеличение размеров изображений несплошностей, расположенных со стороны ИИИ, относительно к дефектам, расположенным со стороны детектора, не должно превышать "1,25".

Собственно просвечивание. Можно условно разделить на тренировку (прогрев) рентген-аппарата ("пристрелочные экспозиции") и само экспонирование. Чтобы «пробить» толщину стенки и получить качественные снимки, очень важно не ошибиться с напряжением, силой тока и временем экспозиции.

Химико-фотографическая обработка плёнок. Может выполняться с использованием автоматических проявочных машин (предпочтительный способ) либо вручную - в ванночках-кюветах, тазаках, вёдрах, баках.

Оценка качества рентгенограммы. Если говорить о плёночной радиографии, то к расшифровке допускаются только те снимки, которые соответствуют ряду критериев. Во-первых, на рентгеновском снимке не должно быть пятен, царапин, повреждений эмульсионного слоя и иных артефактов, способных помешать расшифровке. Во-вторых, должна быть обеспечена чёткая видимость маркировочных знаков и эталонов чувствительности. В-третьих, это равномерная оптическая плотность - в зависимости от НТД, она должна составлять от 1,5 до 3,5 или до 4,0 (оптическая плотность потемнения - величина безразмерная, но в ряде первоисточников выражается в единицах "Б", "е. о. п."). Для просмотра экспонированных рентгеновских плёнок используются негатоскопы. Если снимок пригоден - его допускают к расшифровке.

Расшифровка. Имеется в виду определение дефектов (отклонений), измерение их размеров и оценка по нормам отбраковки, отражённым в НТД и ОТК.

Рентгеновский снимок – это радиационное изображение проекции объекта контроля в направлении излучения в виде поле с разной оптической плотностью (плотностью потемнения или почернения). Чем больше толщина ОК в той или иной зоне - тем ниже оптическая плотность и тем светлее будет это место на снимке. И наоборот: зонам с меньшей толщиной (меньшей плотностью материала), например, в местах имеющих несплошностей - оптическая плотность получается выше, и эти участки на снимке выходят более тёмными. Так, если в сварном соединении имеются включения материала с более высокой плотностью, то на снимке это будет выглядеть как локальная область с пониженной оптической плотностью.

Радиографический метод неразрушающего контроля позволяет выявлять как объёмные, так и плоскостные дефекты, хотя и считается, что для последних более эффективным решением может оказаться УЗК. К объёмным дефектам, которые выявляются при помощи РК, относятся одиночные поры и их

Лекция 10: Контроль качества. Неразрушающий контроль

скопления, раковины, микро-рыхлота, шлаковые, флюсовые и другие включения. Примеры плоскостных дефектов - трещины, несплавления и непровары.

Оформление заключения. Типовая форма заключения приводится в руководящих нормативных технических документах. Некоторые из них допускают использование сокращённых записей дефектов. Обычно в заключении нужно указывать сведения об объекте контроля (наименование трубопровода и его участок, уровень качества, диаметр, толщина стенки, номер сварного соединения по журналу сварки), наименование организации-заказчика, сведения о подрядчике (наименование организации, клеймо сварщика, шифр бригады), параметры радиографического контроля (номер технологической карты, тип ИИИ, чувствительность), сведения о зафиксированных дефектах (описание с использованием условных обозначений, размеры, координаты), собственно заключение - вывод по сварному соединению ("годен", "вырезать" или "ремонт"). Координаты местоположения дефектов определяются по мерительному поясу. Если РК проводился без него, то по каждому дефекту в заключении указывают контролируемый участок, на котором он расположен. И конечно, в заключении указываются сведения о ЛНК и дефектоскописте, выполнившем РК, включая номер свидетельства об аттестации лаборатории, номер квалификационного удостоверения, даты их выдачи и сроки действия.

Рентген – пожалуй, один из самых «требовательных» методов с точки зрения того, какое количество технических средств, дефектоскопических материалов, принадлежностей и аксессуаров для него предусмотрено.

Приложение 3: Перечень нормативной документации по неразрушающим видам контроля

ГОСТ Р 50.05.01-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Контроль герметичности газовыми и жидкостными методами»;

ГОСТ Р 50.05.02-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений и наплавленных покрытий»;

ГОСТ Р 50.05.03-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль и измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий»;

ГОСТ Р 50.05.04-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений из стали аустенитного класса»;

ГОСТ Р 50.05.05-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль основных материалов (полуфабрикатов)»;

ГОСТ Р 50.05.06-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Магнитопорошковый контроль»;

ГОСТ Р 50.05.07-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Радиографический контроль».