

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. ГУБКИНА  
Кафедра сварки и мониторинга нефтегазовых сооружений

**А.А. АНТОНОВ**

## **Капиллярная дефектоскопия**

*Методические указания к лабораторной работе*

**Москва 2016**

# Капиллярная дефектоскопия

## 1. Цель лабораторной работы

1. Изучение физических основ и технологии капиллярной дефектоскопии.
2. Практическое применение методов цветной и люминисцентно-цветной дефектоскопии.

## 2. Теоретические основы капиллярной дефектоскопии

Капиллярные методы контроля (КМК) основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуально или с помощью преобразователя. Методы позволяют обнаруживать поверхностные (т. е. выходящие на поверхность) и сквозные (т. е. соединяющие противоположные поверхности стенки объекта контроля (ОК)) дефекты. По производительности КМК значительно превосходят методы ВИК. Однако противопоставлять эти методы некорректно. Области применения ВИК и КМК практически не пересекаются. Размер минимально обнаруживаемого дефекта для ВИК составляет 0,5мм, а размер максимального дефекта, обнаруживаемого КМК – также 0,5мм. Т.е. эти методы взаимно дополняют друг друга.

Капиллярный контроль применяют также для объектов, на которых применение магнитопорошкового контроля невозможно или нецелесообразно.

Достоинства данной группы методов – в простоте операций контроля, несложности оборудования, применимость к широкому спектру материалов (в т.ч. немагнитных).

Процесс капиллярного контроля состоит из следующих основных операций (рисунок 1):



Рисунок 1 - Основные операции при капиллярной дефектоскопии

- Очистка поверхности ОК и полости дефекта от загрязнений, жира и т.д. путем их механического удаления и растворения. Этим обеспечивается хорошая смачиваемость всей поверхности ОК индикаторной жидкостью и возможность проникновения ее в полость дефекта;
- Пропитка дефектов индикаторной жидкостью. Для этого она должна хорошо смачивать материал изделия и проникать в дефекты в результате действия капиллярных сил. По этому признаку метод называют капиллярным, а индикаторную жидкость — индикаторным пенетрантом или просто пенетрантом (от лат. *penetgo* — проникаю, достаю);
- Удаление с поверхности изделия излишков пенетранта, при этом пенетрант в полости дефектов сохраняется. Для удаления используют эффекты диспергирования и эмульгирования, применяют специальные жидкости — очистители;
- Обнаружение пенетранта в полости дефектов. Как отмечено выше, это делают чаще визуально, реже — с помощью специальных устройств — преобразователей. В первом случае на поверхности наносят специальные вещества — проявители, извлекающие пенетрант из полости дефектов за счет явлений сорбции или диффузии. Сорбционный проявитель имеет вид порошка или суспензии.

Основные методы капиллярной дефектоскопии представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Методы капиллярной дефектоскопии

Метод капиллярной дефектоскопии (класс)	Характеристика рисунка дефекта
Яркостный (ахроматический)	Ахроматический, черный или серый, имеет только яркостный контраст с фоном и виден при дневном свете
Цветной (хроматический)	Имеет цветовой и яркостный контраст с фоном и виден при дневном свете
Люминесцентный	Имеет цветовой и яркостный контраст в ультрафиолетовых лучах
Люминесцентно-цветной	Имеет цветовой и яркостный контраст при дневном свете и в ультрафиолетовых лучах
Фильтрующихся частиц	Имеет цветовой и яркостный контраст при дневном свете или в ультрафиолетовых лучах. В месте дефекта накапливается отложение окрашенных или люминесцирующих частиц (изменяется микро-рельеф наблюдаемой поверхности)

Различают **яркостный** или ахроматический метод, в котором индикации имеют более темный тон по сравнению с белым проявителем; **цветной** метод, когда пенетрант обладает ярким оранжевым или красным цветом, и **люминесцентный** метод, когда пенетрант светится под действием ультрафиолетового облучения.

Заключительная операция при КМК — очистка ОК от проявителя.

Подготовительные операции имеют целью вывести на поверхность изделия устья дефектов, устранить возможность возникновения фона и ложных индикаций, очистить полость дефектов. Способ подготовки зависит от состояния поверхности и требуемого класса чувствительности.

**Механическую зачистку** производят, когда поверхность изделия покрыта окалиной или силикатом. Гальванические покрытия, пленки, лаки не

удаляют, если они трескаются вместе с основным металлом изделия. Если такие покрытия наносят на детали, в которых уже могут быть дефекты, то контроль выполняют до нанесения покрытия. Зачистку выполняют резанием, абразивной шлифовкой, обработкой металлическими щетками. Этими способами удаляется часть материала с поверхности ОК. Ими нельзя зачищать глухие отверстия, резьбы. При шлифовании мягких материалов дефекты могут перекрываться тонким слоем деформированного материала.

Механической очисткой называют обдувание дробью, песком, косточковой крошкой. После механической очистки предусматривают удаление ее продуктов с поверхности. Очистке моющими средствами и растворами подвергают все поступающие на контроль объекты, в том числе прошедшие механическую зачистку и очистку. Дело в том, что механическая зачистка не очищает полости дефектов, а иногда ее продукты (шлифовальная паста, абразивная пыль) могут способствовать их закрытию. Очистку выполняют водой с добавками ПАВ и растворителями, в качестве которых используют спирты, ацетон, бензин, бензол и др. С их помощью удаляют консервирующую смазку, некоторые лакокрасочные покрытия. При необходимости обработку растворителями выполняют несколько раз.

Для более полной очистки поверхности ОК и полости дефектов применяют способы интенсификации очистки: воздействие парами органических растворителей, химическое травление (помогает удалению с поверхности продуктов коррозии), электролиз, прогрев ОК, воздействие низкочастотными ультразвуковыми колебаниями.

После очистки проводят сушку поверхности ОК. Этим удаляют остатки моющих жидкостей и растворителей из полостей дефектов. Сушку интенсифицируют повышением температуры, обдувом, например, используют струю теплого воздуха из фена.

***Пропитка пенетрантом.*** К пенетрантам предъявляют целый ряд требований.

*Хорошая смачиваемость* поверхности ОК — главное из них. Для этого пенетрант должен иметь достаточно высокое поверхностное натяжение и краевой угол, близкий к нулю при растекании по поверхности ОК. Чаще всего в качестве основы пенетрантов используют такие вещества, как

керосин, жидкие масла, спирты, бензол, скипидар, у которых поверхностное натяжение  $(2,5... 3,5) \cdot 10^{-2}$  Н/м. Реже используют пенетранты на водяной основе с добавками ПАВ.

Второе требование к пенетрантам — *низкая вязкость*. Она нужна для сокращения времени пропитки.

Третье важное требование — *возможность и удобство обнаружения индикаций*.

По контрасту пенетранта КМК разделяют на ахроматический (яркостный), цветной, люминесцентный и люминесцентно-цветной. Кроме того, существуют комбинированные КМК, в которых индикации обнаруживают не визуально, а с помощью различных физических эффектов. По типам пенетрантов, точнее по способам их индикации, осуществляют классификацию КМК.

Примером ахроматического КМК является так называемая «керосиновая проба», до настоящего времени довольно широко применяемая в некоторых производствах. В ней в качестве пенетранта используют керосин, а в качестве проявителя — мел, на котором выступивший керосин оставляет темные следы. Для придания цветового контраста в названные выше смачивающие вещества добавляют оранжевые или красные красители. Люминесценция индикаций несколько лучше обнаруживается глазом, чем цветовой контраст, но требует УФ-облучателей и выполняется в условиях затемнения. Существуют люминесцентно-цветные пенетранты, которые можно обнаруживать обоими способами.

В рецептуре некоторых пенетрантов предусмотрено введение небольшого количества эмульгаторов. Они способствуют повышению смачивающих свойств, образованию эмульсий плохо растворимых добавок в смачивающей жидкости. Дополнительными требованиями к пенетрантам являются минимальная вредность для окружающего персонала, хотя полностью избежать вредного действия иногда не удается; минимальное корродирующее действие на изделие (антикоррозионный пенетрант не должен содержать более 1% серы и хлора); небольшая стоимость.

Специфическим видом пенетранта является фильтрующая суспензия. В жидкий пенетрант добавляют нерастворимый порошок с диаметром частиц

0,01... 0,1 мм, обладающий цветовым контрастом или люминесценцией. Порошок не проникает в дефект, а фильтруется и скапливается у его устья. Такой пенетрант не требует проявления.

Пропитку пенетрантом выполняют погружением в ванну, намазыванием кистью, поливанием, разбрызгиванием пульверизатором или из аэрозольного баллона. Пенетрант оставляют на поверхности ОК от 10 до 30 мин, а в среднем — 20 мин.

Существует ряд способов интенсификации процесса пропитки: вакуумирование ОК перед пропиткой; воздействие на ОК повышенным давлением после нанесения на него пенетранта; воздействие на ОК во время контакта его с пенетрантом упругих механических колебаний или статистического нагружения, увеличивающего раскрытие дефектов, электрическое взаимодействие частиц пенетранта, которым сообщается электрический заряд, с ОК, которому сообщается заряд другого знака; воздействие на пенетрант, находящийся вблизи поверхности ОК, УЗ-колебаниями.

Основные требования к УЗ-колебаниям, используемым для интенсификации пропитки, — возникновение кавитации, т. е. образования и захлопывания небольших пузырьков. Применяют колебания частотой 15... 25 кГц, интенсивностью, на порядок превышающей пороговое значение для возникновения кавитации 0,1 ... 0,2 кВт. Эффект УЗ-пропитки не зависит от направления колебаний вибратора относительно поверхности ОК, однако УЗ-колебания экранируются объектом.

**Удаление излишков пенетранта** с поверхности ОК необходимо, чтобы исключить образование фона (при неполном удалении пенетранта), возникновение ложных индикаций (при сохранении пенетранта на отдельных участках, в углублениях). При выполнении этой операции важно сохранить пенетрант в полости дефектов. Удаление выполняют протиркой сухими или влажными салфетками, промыванием очистителем. Международный стандарт рекомендует сначала применять протирку, а потом промывку.

В качестве очистителей используют воду (для пенетрантов на основе скипидара), водные растворы ПАВ и органические растворители. Поверхностно-активное вещество помогает образовать эмульсию из

нерастворимого в воде пенетранта, после чего он легко смывается, хотя при этом происходит частичное вымывание пенетранта из широких дефектов. Сохранению пенетранта в дефектах способствует промывка сильной струей воды без добавок ПАВ. Здесь очистка обеспечивается механическим действием струи воды. Широко применяют органические очистители.

После промывки ОК сушат; для ускорения сушки обдувают теплым воздухом. Здесь полезно проверить путем осмотра, не осталось ли следов пенетранта на поверхности.

В некоторых случаях после или вместо промывки применяют операцию гашения. Это устранение люминесценции или цветового контраста индикаторного пенетранта в результате химического воздействия веществ-гасителей. С помощью гасителей устраняют фон, возникающий, когда на поверхности изделия имеются неглубокие неровности, например, от механообработки. На пенетрант, находящийся в полостях дефектов, более глубоких, чем неровности, гаситель не действует. После извлечения из дефектов проявителем пенетрант сохраняет контрастные свойства.

**Проявление** — это процесс извлечения пенетранта, оставшегося в полости дефектов, и образования индикаций. В качестве проявителя используют порошок, суспензию, краски, лаки, липкую ленту. Важно нанести проявитель равномерно, тонким (порядка 0,1 мм) сплошным слоем. Более толстый слой проявителя затрудняет его пропитку пенетратом, извлеченным из трещин. Малое количество пенетранта не достигает противоположной поверхности слоя проявителя. Сказанное не относится к проявителю в виде липкой ленты.

Проявление порошком (*сухой способ*) основано на явлении физической адсорбции и капиллярном эффекте. В качестве проявителя используют белый тонкодисперсный ( $10^{-4}$ ...  $10^{-2}$  мм) порошок оксида магния, углекислого магния, углекислого кальция, талька. Насыпать тонкий ровный слой порошка довольно трудно, поэтому порошок обычно наносят распылением струей воздуха.

Более удобна для нанесения суспензия (*мокрый способ*). Жидкая фаза суспензии хорошо смачивает поверхность ОК. Применяют суспензию порошка углекислого магния или каолина в воде или спирте. Суспензию

наносит погружением в нее ОК, кистью, распылением из аэрозольного баллона или в электрическом поле (как при нанесении пенетранта).

*Проявление лаком или краской* основано на явлении диффузии. Применяют нитроэмаль, цинковые белила с добавкой растворителя. Наносят лакокрасочный проявитель такими же способами, как эмульсию.

Время проявления варьируют от 5 до 25 (в среднем 15) мин в зависимости от свойств проявителя. Жидкие проявители обязательно должны высохнуть. Процесс проявления интенсифицируют чаще всего повышением температуры, реже — вакуумированием, вибрацией (для выявления усталостных трещин).

Важное требование к дефектоскопическим материалам — их совместимость. Выбранный пенетрант должен хорошо смачивать поверхность материала ОК, смываться очистителем без вымывания из дефектов, проявляться рекомендуемым проявителем. Поэтому дефектоскопические материалы рекомендуется употреблять в виде наборов, выпускаемых промышленностью.

***Осмотр объекта контроля*** — очень ответственная операция. При цветном и ахроматическом методах обязательное требование — хорошее освещение поверхности объекта контроля. При использовании люминесцентных ламп «дневного света» общая освещенность рабочего места должна быть 300 ...750 лк, а комбинированная освещенность— 750... 2500 лк. При использовании ламп накаливания освещенность соответственно 200 ...500 и 500 ... 3000 лк. Часто применяют бестеневую систему освещения из нескольких ламп. При использовании люминесцентных ламп принимают меры для устранения пульсаций.

При люминесцентном способе контроля осмотр проводят в затемненном помещении с подсветкой видимым светом не более 10 лк. Для люминесценции дефектов используют УФ-облучение ртутными лампами с длиной волны 315... 400 нм. Такая лампа имеет колбу из кварцевого стекла, пропускающего ультрафиолетовые лучи, темный светофильтр, не пропускающий видимое излучение, и зеркальный рефлектор, концентрирующий облучение в направлении места осмотра объекта контроля.

Чем глубже дефект, тем быстрее появляется изображение, больше яркость и размер индикаций. С учетом этого полезно производить осмотр 2 раза: через 5... 10 мин после начала проявления, когда глубокие дефекты дают четкие индикации, правильнее отображающие форму дефекта, и в конце проявления, когда индикации от глубоких дефектов расплылись, но стали более заметными и появились индикации от неглубоких дефектов. Результаты контроля заносят в журнал и составляют заключение по контролю.

Результатом проявления является изменение базового фона, полученного в результате нанесения проявителя. На рисунке 2 представлена фотография углового шва, проверенного с применением технологии КМК.

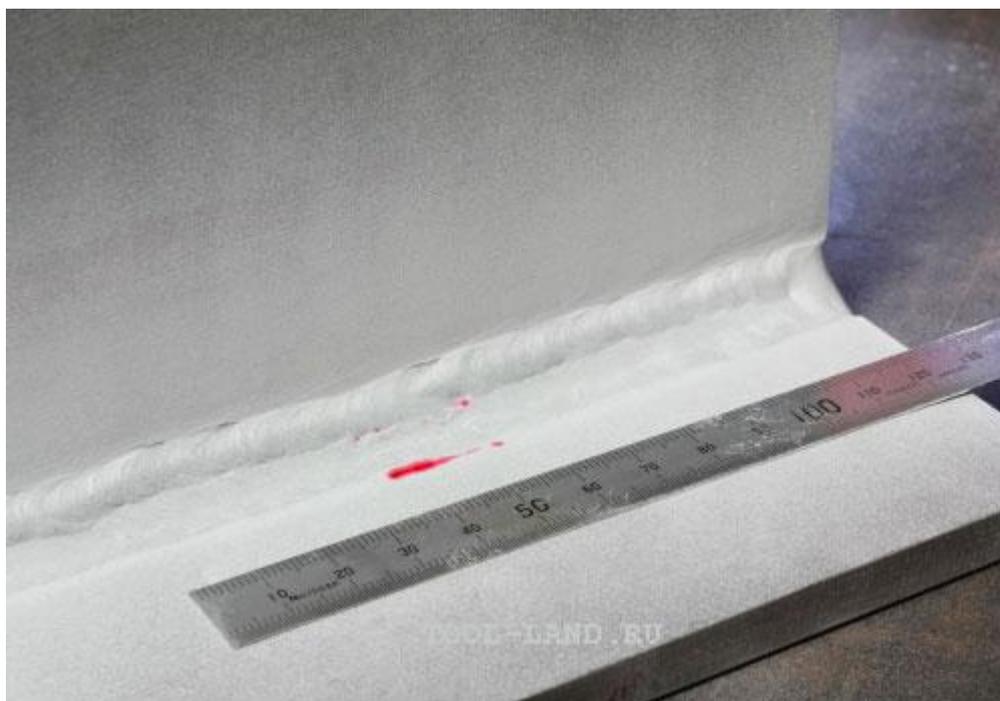


Рисунок 2– Обнаружение дефекта применением капиллярной дефектоскопии

**Окончательную очистку объекта** после контроля осуществляют влажной протиркой, промывкой водой или растворителем, обдувкой песком или другим абразивным материалом. Пленочный проявитель отклеивают. Иногда выжигают проявитель нагреванием. Если на эксплуатационные

качества объекта контроля следы процесса капиллярной дефектоскопии не влияют, то операцию очистки не проводят.

Расход дефектоскопических материалов зависит от качества поверхности контролируемого объекта, ее расположения, консистенции материалов, способа их нанесения. Расход пенетранта 0,3... 0,5 л/м<sup>2</sup>. Более высокое значение соответствует неровной поверхности объекта контроля, вертикальному расположению поверхности. Очистителя расходуется в 2...3 раза больше, чем пенетранта. Расход порошкообразного проявителя 40...50 г, а суспензии — 300 г на 1 л пенетранта.

Капиллярным методом контролируют изделия из металлов (преимущественно ферромагнитных), неметаллических материалов и композитные изделия любой конфигурации. Изделия из ферромагнитных материалов контролируют обычно магнитопорошковым методом, который более чувствителен, хотя для контроля ферромагнитных материалов также иногда применяют капиллярный метод, если имеются трудности с намагничиванием материала или сложная конфигурация поверхности изделия создает большие градиенты магнитного поля, затрудняющие выявление дефектов. Контроль капиллярным методом проводят до ультразвукового или магнитопорошкового контроля, иначе (в последнем случае) необходимо размагнитить ОК.

Чтобы пенетрант не вымывался из дефекта, глубина его должна быть значительно больше ширины раскрытия. К таким дефектам относятся трещины, непровары сварных швов, глубокие поры.

Подавляющее большинство дефектов, обнаруживаемых при контроле капиллярным методом, может выявляться при обычном визуальном осмотре, особенно если изделие предварительно протравить (дефекты при этом чернеют) и применить средства увеличения. Однако преимущество капиллярных методов состоит в том, что при их применении угол зрения на дефект возрастает в 10... 20 раз (за счет того, что ширина индикаций больше, чем дефектов), а яркостный контраст — на 30... 50%. Благодаря этому нет необходимости в тщательном осмотре поверхности и время контроля многократно уменьшается.

## **Основные условия выявления дефектов**

Индикаторный рисунок, образующийся на поверхности деталей, проверяемых основными методами КМК, представляет собой первичную информацию, непосредственно воспринимаемую глазом контролера. Эта информация может быть также воспринята с помощью каких-либо регистрирующих, анализирующих и передающих систем (оптических, электронно-оптических, телевизионных и др.), переработана и представлена контролеру в виде окончательной информации: оптического изображения, графиков, цифр, световых и звуковых сигналов и т.д.

В зависимости от физических и химических явлений, происходящих между используемыми материалами в процессе проявления дефекта, различают следующие способы формирования индикаторного рисунка.

***Диффузионный***, когда индикаторный рисунок появляется вследствие диффузии проникающей жидкости из полости дефекта на поверхность детали или в слой проявителя, перемещения жидкости в проявителе под действием высоких капиллярных сил, сорбции молекул этой жидкости на частицах проявителя или их взаимного растворения. Жидкость окрашивает слой проявителя в зоне дефекта или способствует его люминесцированию. При контроле без применения проявителя жидкость окрашивает поверхность детали по краям полости дефекта или люминесцирует у ее краев при воздействии ультрафиолетовых лучей. Диффузионный способ является наиболее распространенным при КМК.

***Химический***, заключающийся в образовании индикаторных рисунков в результате химической реакции между проникающей жидкостью и проявителем, при которой проявитель в зоне дефекта изменяет цвет или характер люминесценции. Из-за коррозионной опасности веществ, используемых при контроле, вредного действия многих из них на организм человека, а также малой чувствительности известных реактивов этот способ пока применяется редко.

***Фотохимический***, основанный на образовании рисунка вследствие химической реакции, происходящей в результате поглощения света индикаторной жидкостью. Этот способ также применяется редко.

**Термический**, заключающийся в воздействии тепла на объект контроля с нанесенными на него дефектоскопическими материалами, под влиянием чего происходит разложение дефектоскопических материалов, их химическое взаимодействие или образование связнодисперсных систем - гелей (коагелей, лиогелей и т.д.). Способы контроля: использованием тепла, когда происходит только ускорение процесса диффузии проникающей жидкости без изменения ее химического или физического состояния, к термическим способам, как правило, не относят.

По способу индикации рисунка дефектов и в соответствии с физическими и химическими явлениями, происходящими в детекторе (датчике) регистрирующей системы в процессе обнаружения дефектов, основные методы КМК разделяют:

- на *бездетекторные*, когда рисунок дефектов обнаруживают при осмотре невооруженным глазом или с применением оптических средств, которые создают увеличенное (или уменьшенное) изображение наблюдаемого объекта без его преобразования (т.е. в оптических приборах детекторы изображения отсутствуют);

- *фотохимические*, основанные на регистрации оптического излучения рисунка дефекта в результате химической реакции, происходящей в детекторе вследствие поглощения им лучей света;

- *фотоэлектрические*, основанные на регистрации оптического излучения рисунка дефекта по изменению электропроводности, диэлектрической постоянной или по возникновению ЭДС при воздействии на детектор оптического излучения;

- *фотолюминесцентные*, основанные на регистрации оптического излучения рисунка дефекта по люминесценции индикаторного вещества в детекторе, возникающей благодаря энергии оптического излучения.

В зависимости от характера обработки первичной информации в регистрирующих и передающих системах и вида получаемых результатов различают следующие способы представления окончательной информации:

- визуальный - осмотр невооруженным глазом или с помощью простейших оптических устройств;

- оптовизионный - представление видимого изображения на экранах приборов;

- графический - представление информации в виде графика кривой или фиксированного видимого изображения;

- звуковой и световой - соответствующая сигнализация;

- метрический - определение контраста, размеров рисунка дефектов или их количества на проверяемых деталях и представление этой информации в цифровом или аналоговом виде;

- фотометрический - измерение величины светового потока от проверяемой детали и представление информации в цифровом, стрелочном или аналоговом виде;

- электронно-лучевой - информация о контролируемом объекте на электронно-лучевой трубке телевизора или осциллоскопа.

Методы КМК позволяют обнаруживать нарушения сплошности материала при следующих основных условиях:

- если несплошности материала имеют свободные полости;

- если полости дефектов выходят на поверхность деталей;

- если глубина дефектов значительно превышает их ширину.

Если ширина поверхностного повреждения больше его глубины (риска, царапина), то оно легко заполняется проникающей жидкостью. При удалении жидкости с поверхности детали она так же легко и полностью удаляется из повреждения. Такой дефект, как правило, методом КМК не выявляется.

Если ширина несплошности равна глубине или несколько меньше нее, жидкость после удаления может в небольшом количестве остаться в полости. Тогда несплошность может быть выявлена капиллярным методом.

Если глубина несплошности значительно (в 5-10 раз и более) превышает ее ширину, то жидкость, заполняющая полость дефекта, надежно удерживается капиллярными силами при удалении жидкости с поверхности детали. Такие дефекты выявляются методами КМК.

При КМК с использованием проявителей-красок наряду с дефектами типа несплошности материала, образующими красный индикаторный рисунок, в процессе осмотра деталей могут быть обнаружены незначительные повреждения, углубления поверхности (риски, забоины, эрозионные повреждения и др.), которые не образуют индикаторного рисунка, но становятся более видимыми из-за наличия теней при боковом освещении и большого контраста на белом фоне проявляющей краски.

### **Области применения капиллярной дефектоскопии**

Капиллярная дефектоскопия - очень простой способ, имеющий высокую чувствительность к поверхностным дефектам. Достоинства методов КМК:

- высокие чувствительность и разрешающая способность;
- относительно высокая достоверность контроля и наглядность его результатов;
- возможность контроля деталей разной степени сложности, а также широких зон деталей в один прием;
- большая номенклатура материалов проверяемых деталей (аустенитные стали, никелевые, титановые, магниевые, алюминиевые и другие металлические сплавы, керамика, стекло, бетон и т.д.);
- универсальность основных технологических операций при контроле объектов из различных материалов;
- возможность точно устанавливать место, направление, протяженность и иногда характер дефекта;
- простота технологических операций контроля;
- возможность быстрой подготовки кадров контролеров;
- низкая стоимость используемых материалов.

Таким образом, методы КМК сочетают в себе ценные для производственного и эксплуатационного контроля качества: наглядность результатов с большой универсальностью технологических операций при проверке поверхности деталей любой сложности из различных материалов.

## Недостатки методов КМК:

- высокая трудоемкость контроля при отсутствии механизации;
- возможность обнаружения только поверхностных дефектов;
- большая длительность процесса (до 0,5-1,5 ч);
- снижение достоверности контроля при отрицательных температурах;
- необходимость удаления лакокрасочных покрытий и тщательной предварительной очистки контролируемых деталей;
- низкая вероятность обнаружения дефектов, перекрытых окисными пленками, тонким слоем деформированного материала (после механической обработки) или сжатых значительными остаточными или рабочими напряжениями в детали;
- сложность механизации и автоматизации контроля;
- громоздкость стационарного оборудования;
- вредность некоторых дефектоскопических материалов для персонала и необходимость использования защитных приспособлений и вентиляции;
- субъективность контроля, зависимость достоверности результатов от квалификации контролера;
- ограниченный срок хранения дефектоскопических материалов, зависимость их свойств от продолжительности хранения и температуры среды.

Методы КМК позволяют обнаруживать различные открытые поверхностные дефекты производственно-технологического и эксплуатационного характера: трещины (шлифовочные, термические, усталостные), растрескивание, пористость, закаты, волосовины, различные виды коррозии и т.п. на деталях простой и сложной формы, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс и других материалов.

Высокая чувствительность этих методов дает возможность находить трещины с шириной раскрытия у выхода на поверхность более 0,001, глубиной - более 0,01 и длиной - более 0,1 мм.

Благодаря высокой чувствительности, простоте контроля и наглядности результатов методы КМК применяются не только для первичного обнаружения, но и для подтверждения поверхностных дефектов, выявленных токовихревым, ультразвуковым и другими методами неразрушающего контроля.

### **3. Порядок выполнения лабораторной работы**

#### **3.1 Оборудование и материалы**

Для проведения лабораторной работы требуется наборы для цветной и люминисцентно-цветной дефектоскопии, ультрафиолетовая лампа, ветошь и образец с трещиноподобным дефектом в виде поверхностной поры.

#### **3.2 Выполнение лабораторной работы**

- Изучить состав комплектов для капиллярной дефектоскопии.
- Найти очиститель, пенетрант, проявитель.
- Рассмотреть образец, который будет подвергнут проверке.
- С помощью ветоши и очистителя очистить поверхность образца.
- Высушить образец после очистки в течение 5...10 минут.
- Расположить образец на лабораторном столе так, чтобы при нанесении химических реактивов не испачкать себя, соседей и помещение.
- Нанести пенетрант. Слой пенетранта должен полностью закрыть исследуемый участок поверхности. После нанесения подождать 5 минут.
- С помощью ветоши очистить поверхность от пенетранта. Допускается смачивать ветошь очистителем. Необходимо добиться, чтобы на поверхности не было замечено следов пенетранта.
- Насухо вытереть поверхность. Подождать 10 минут.
- С помощью аэрозольного баллончика нанести тонкий слой проявителя. Толщина слоя определяется по следующим признакам: должна быть покрыта вся исследуемая поверхность; при застывании слой проявителя меняет свой цвет с прозрачного на белый матовый – вся исследуемая поверхность должна быть белой матовой.
- Через 2-3 минуты рассмотреть поверхность. Обнаружить зоны, где возникли изменения цвета проявителя с белого на красный (для цветной дефектоскопии). Для люминисцентно-цветной дефектоскопии выключить внешнее освещение в комнате и осветить область контроля УФ-лампой. Обнаружить следы дефектов. Идентифицировать их.

- Повторить предыдущий пункт через 10 минут. Обнаружить новые следы. Дать ответ на вопрос – какие дефекты и почему проявились сразу, а какие – через несколько минут?
- Заполнить соответствующие Акты.
- Очистить образцы с помощью ветоши и очистителя.

#### **4. Контрольные вопросы**

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

1. Какой метод обнаруживает более мелкие трещины – ВИК или КМК?
2. Какой метод позволит обнаружить крупную поверхностную пору ВИК или КМК?
3. Перечислите основные методы капиллярной дефектоскопии.
4. Можно ли упростить технологию КМК и обойтись без операции удаления излишков пенетранта?
5. Зачем в ряде случаев при проведении КМК применяется ультрафиолетовая лампа?
6. Можно ли курить при проведении капиллярной дефектоскопии?
7. Что такое «контрольный образец»?

Приложение 1

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_ г.

АКТ №

проведения капиллярной дефектоскопии

В порядке проведения лабораторной работы проведена дефектоскопия объекта:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Дефектоскопия объекта проведена « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_ г. в ауд. \_\_\_\_

в присутствии:

Используемые для проведения дефектоскопии расходные материалы и оборудование:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ВЫВОДЫ:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Подписи членов комиссии (группы студентов):

## Литература

1. Неразрушающий контроль сварных конструкций в нефтегазовых отраслях: Учебное пособие / А.А. Антонов, Е.М. Вышемирский, О.Е. Капустин, А.К. Прыгаев. – М.: Издательство «Спутник +», 2014. – 238с.
2. Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 272с.
3. Каневский, И.Н., Сальникова, Е.Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с.
4. Работоспособность трубопроводов: в 3 ч. / Е.Е. Зорин, Г.А. Ланчаков и др.- М.: Недр-бизнесцентр, 2000. - Ч. 1-3.
5. Горицкий, В.М. Диагностика металлов - М.: Metallurgizdat, 2004.- 402с.
6. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2 т. Т.1/ под ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004.- 478с.