

Уважаемые студенты!

Ниже представлена лекция. Вам необходимо:

1. Внимательно прочесть лекционный материал
2. Законспектировать лекцию, выделяя основные понятия и определения, конспект должен составлять не менее 3-4 страниц тетради.
3. Ответить на вопросы письменно в конце законспектированной лекции.

Законспектированную лекцию и ответы на вопросы подготовить к проверке преподавателю по окончании карантина. Результат выполненного задания прислать на адрес электронной почты преподавателя: helen-ivanova-1959@mail.ru -

4. В случае возникновения вопросов в течении времени вашей пары можно обратиться к преподавателю helen-ivanova-1959@mail.ru или по телефону. **0721689390**

Лекция

Классификация методов капиллярной дефектоскопии.

План лекции

- 1 Капиллярный метод дефектоскопии .
- 2 Классификация методов капиллярного контроля .
- 3 Физические основы метода .
- 4 Чувствительность капиллярного метода контроля
- 5 . Дефектоскопические материалы .
- 6 Аппаратура для капиллярного контроля .

1 Капиллярный метод дефектоскопии .

Капиллярный метод неразрушающего контроля является одним из наиболее простых и доступных методов контроля материалов, полуфабрикатов, изделий. Применяется в промышленных лабораториях для определения поверхностных дефектов типа трещин, пор, рыхлот, неспаев, волосовин и других нарушений сплошности на поверхности объектов из

жаропрочных, ферромагнитных материалов, алюминиевых, магниевых сплавов и сплавов на основе меди, а также из пластмасс, имеющих сложную конфигурацию.

Метод контроля с помощью красок был разработан в 1951 г. инженерами Н. П. Кичиным и М. Ф. Ставинской. Этот вид контроля основан на проникновении веществ в полости дефектов контролируемого объекта. При выявлении невидимых или слабовидимых глазом поверхностных дефектов, термин «проникающими веществами» может заменяться на «капиллярный», а при выявлении «сквозных» дефектов – на «течеискание» (ГОСТ 18353 – 79).

Капиллярный метод незаменим в полевых условиях, когда невозможно применение громоздкой аппаратуры и когда отсутствуют источники электрической энергии. К основным достоинствам капиллярной дефектоскопии относят высокую чувствительность и разрешающую способность, возможность контроля любых объектов, наглядность результатов контроля, универсальность и простоту основных технологических операций, невысокую стоимость и доступность дефектоскопических материалов.

2 Классификация методов капиллярного контроля

Общие представления

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя.

При проведении контроля капиллярными методами на поверхность контролируемого изделия (1) (рис.1, а) наносят индикаторный пенетрант (3) (рис.1, б), способный проникать в дефекты (2) и имеющий характерный цветовой тон или (и) люминесцирующий под действием ультрафиолетового излучения. После некоторой выдержки избытки пенетранта удаляют с

контролируемой поверхности изделия с помощью очистителей (рис. 1, в), поверхностные и сквозные дефекты при этом остаются заполненными индикаторным пенетрантом. Затем на контролируемую поверхность наносят проявитель (4) (рис.1, г), который втягивает оставшийся в поверхностном дефекте пенетрант (5). Пенетрант несколько расплывается над дефектным участком, образуя так называемый индикаторный след 5, ширина которого X . Этот след можно наблюдать невооруженным глазом или с помощью луп небольшого увеличения. Извлечение и локализация пенетранта у крамок дефекта достигаются диффузионными и сорбционными силами проявителя. Образующиеся индикаторные следы либо обладают способностью люминесцировать в ультрафиолетовых лучах, либо имеют окраску, вызываемую избирательным поглощением (отражением) части падающих на них световых лучей.

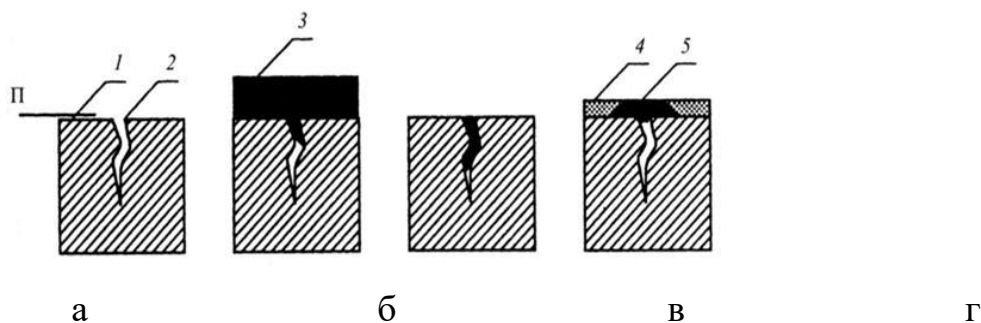


Рис.1. Процесс обнаружения дефектов капиллярным методом контроля:
 а) 1 – контролируемая поверхность с трещиной, П поверхность, 2 – трещина;
 б) поверхность, покрытая пенетрантом, 3 – пенетрант; в) трещина с оставшимся после чистки пенетрантом; г) поверхность, покрытая проявителем,

4 – проявитель, 5 – пенетрант

Капиллярные методы предназначены для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для протяженных дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности.

Они позволяют выявлять трещины, раскрытие которых 2мм и более, а

глубина более 0,02 мм, контролировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов. Для некоторых материалов и изделий этот метод является единственным для определения пригодности деталей или установок к работе.

Необходимым условием выявления дефектов типа нарушения сплошности материала капиллярными методами является наличие полостей, свободных от загрязнений и других веществ, имеющих выход на поверхность объектов и глубину распространения, значительно превышающую ширину раскрытия.

Следует различать максимальную, минимальную, среднюю глубину и длину раскрытия сплошности. Если не требуется заранее оговаривать, какое из указанных значений размеров имеется в виду, то для исключения недоразумений следует применять термин «преимущественный размер».

Капиллярный метод контроля в соответствии с ГОСТ 18353 – 79 по характеру взаимодействия веществ с контролируемым объектом является молекулярным, по первичному информационному параметру (по типу проникающего вещества) подразделяется на жидкостный и газовый.

По способу получения первичной информации (ГОСТ 18353 – 79) в зависимости от типа проникающего вещества капиллярные методы делятся на яркостный, цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной, пузырьковый, фильтрующих частиц, масс-спектрометрический, манометрический, галогенный, радиоактивный, катарометрический, высокочастотного разряда, химический, остаточных устойчивых деформаций, акустический.

По характеру индикаторных следов и особенностям их обнаружения методы капиллярной дефектоскопии подразделяются на **основные**, использующие капиллярные явления, и **комбинированные**, которые сочетают два или более различных по физической сущности методов неразрушающего контроля, одним из которых является жидкостный.

Классификация основных капиллярных методов контроля

Основные капиллярные методы контроля (КНК) классифицируют по типу проникающего вещества и способу получения первичной информации.

Классификация по типу проникающего вещества:

а) **метод проникающих растворов** – жидкостный метод КНК, основанный на использовании в качестве проникающего вещества жидкого индикаторного раствора;

б) **метод фильтрующихся суспензий** – жидкостный метод КНК, основанный на использовании в качестве жидкого проникающего вещества индикаторной суспензии, которая образует индикаторный рисунок из отфильтрованных частиц дисперсной фазы.

Простейшей методикой метода проникающих растворов капиллярного контроля является мыльная проба, предполагающая очистку и обезжиривание контролируемой поверхности с последующим нанесением на нее мыльного раствора. Проникая в капиллярные каналы поверхностных дефектов, мыльный раствор вытесняет их воздух, который в виде пузырьков выходит на поверхность и очерчивает дефект. Мыльная проба не обеспечивает высокой чувствительности контроля, однако может оказаться полезной при отсутствии специальных дефектоскопических материалов.

Керосиновую пробу применяют для контроля отливок при отсутствии специальных дефектоскопических материалов. Ее технология очень проста. На предварительно очищенную и обезжиренную поверхность отливки наносят слой керосина, обладающего хорошей проникающей способностью. После протирки ветошью на поверхность наносят меловое покрытие. Через некоторое время керосин, оставшийся в полостях дефектов, впитывается в меловое покрытие и образует на нем хорошо различимые индикаторные следы. Керосиновую пробу используют как способ течеискания.

Классификация по способу получения первичной информации:

а) **люминесцентный (Л)**, основанный на регистрации контраста, люминесцирующего в длинноволновом ультрафиолетовом излучении

индикаторного рисунка на фоне поверхности изделия;

б) *цветной* (Ц), основанный на регистрации контраста цветного в видимом излучении индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля;

в) *люминесцентно-цветной* (ЛЦ), основанный на регистрации контраста цветного и люминесцентного индикаторного рисунка на фоне поверхности дефекта контроля в видимом или длинноволновом ультрафиолетовом излучении;

г) *яркостный* (Я), основанный на регистрации контраста в видимом излучении ахроматического рисунка на фоне объекта контроля.

Метод фильтрующих частиц подразделяется аналогично на люминесцентный (ФЛ), цветной (ФЦ), люминесцентно-цветной (ФЛЦ), только в качестве индикатора на дефектах являются скопления отфильтрованных частиц.

Комбинированные методы подразделяются в зависимости от характера физических полей (излучений) и особенностей их взаимодействия с контролируемым объектом:

а) *капиллярно-электростатический метод* (КЭ) основан на обнаружении индикаторного рисунка, образованного скоплением электрически заряженных частиц у поверхностной или сплошной несплошности неэлектропроводящего объекта, заполненного ионогенным пенетрантом;

б) *капиллярно-электроиндуктивный* (КИ) метод – обнаружение дефектов в неэлектропроводных объектах электроиндуктивным методом по изменению удельной электрической проводимости в зоне дефекта, заполненного индикаторным пенетрантом;

в) *капиллярно-магнитопорошковый* (КМ) основан на обнаружении комплексного индикаторного рисунка, образованного проявителем, содержащим ферромагнитный порошок и индикаторный пенетрант, при контроле ферромагнитного объекта;

г) *капиллярно-радиационный метод излучения* (КР) основан на регистрации ионизирующего излучения радиоактивного пенетранта, заполняющего дефекты объекта;

д) *капиллярно-радиационный метод поглощения* основан на регистрации поглощения ионизирующего излучения в зоне дефекта, наполненного соответствующим пенетрантом.

В условиях изготовления, монтажа, эксплуатации и ремонта машиностроительных изделий, сварных конструкций и контроле основного металла применяют цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной методы капиллярной дефектоскопии. Они позволяют выявлять трещины, раскрытие которых 2 мкм и более, а глубина более 0,02 мм.

Преимущества и недостатки капиллярных методов

Преимуществам методов капиллярной дефектоскопии по сравнению с другими методами неразрушающего контроля являются:

- высокие чувствительность и разрешающая способность;
- наглядность результатов контроля;
- возможность контроля деталей сложной геометрической конфигурации, изготавливаемых из широкого спектра материалов;
- простота и универсальность технологических операций контроля;
- относительно низкая стоимость используемых дефектоскопических материалов, аппаратуры и оборудования;
- высокая производительность при поточном контроле;
- возможность применения разных методик с различной чувствительностью.

Недостатками методов капиллярного контроля являются:

- возможность обнаружения только выходящих на поверхность дефектов;
- не применимость к пористым веществам и материалам (резина, пластмассы) химически не стойким к пенетранту;
- невозможность точного определения глубины дефектов;

- сложность механизации и автоматизации процессов контроля;
- большая продолжительность контроля и снижение его достоверности при отрицательных температурах;
- требуется использование специальных составов проявителей и пенетрантов при контроле высокотемпературных поверхностей (выше 90⁰С);
- необходимость тщательной подготовки поверхности к проведению контроля, её очистка и удаление проявителя пенетранта после проведения контроля;
- вредность некоторых дефектоскопических материалов, ограниченный срок хранения дефектоскопических материалов и необходимость использования различных защитных приспособлений;
- некоторая субъективность контроля, зависящая от психофизиологического состояния и квалификации дефектоскописта.

Благодаря высокой чувствительности методы капиллярной дефектоскопии применяют часто, а для подтверждения наличия поверхностных дефектов применяют другие методы контроля: магнитный, вихретоковый, ультразвуковой и т. д.

3 Физические основы контроля

Капиллярная дефектоскопия основана на капиллярном проникновении индикаторных пенетрантов во внутреннюю полость дефектов, сорбции и диффузии, яркостном и цветовом контрастах дефектоскопических материалов.

Размеры дефектов, которые должны быть выявлены методами капиллярной дефектоскопии, так малы, что обнаружение их невооруженным глазом практически невозможно. Дефект на поверхности изделия можно заметить только в том случае, если имеется яркостный колористический контраст между самим дефектом и бездефектной частью контролируемого изделия – фоном поверхности. Если фон темный, то дефекты должны быть светлыми и наоборот. Поэтому для обнаружения дефектов невооруженным глазом следует искусственно повысить контрастность дефектного и

неповрежденных участков контролируемой поверхности. Это достигается изменением светопоглощения и светоиспускания поверхностей после нанесения специальных индикаторных пенетрантов.

Заполнение полостей дефектов специальными свето и цветоконтрастными индикаторными пенетрантами – *первая основная задача* капиллярной дефектоскопии. Макроскопическое раскрытие и длина дефектов уподобляют их капиллярным сосудам, обладающим своеобразной способностью всасывать смачивающие жидкости под действием капиллярных сил. У стенок дефектов шероховатость выше, чем у контролируемой поверхности, поэтому в полостях дефектов у жидкостей будет более высокая смачивающая способность по отношению к твердому телу.

Явления, обусловленные втягиванием смачивающих жидкостей в капилляры или выталкиванием несмачивающих жидкостей из капилляров, называются капиллярными.

На контролируемую поверхность детали наносят жидкость с большой смачивающей способностью, а значит, и большим капиллярным давлением, которое заставляет жидкость проникать в мельчайшие поверхностные трещины и поры. Находящийся в полостях дефектов воздух частично вытесняется из них, частично сжимается или растворяется в жидкости..

Если силы взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела больше этих же сил между молекулами самой жидкости, то жидкость хорошо смачивает поверхность твердого тела, образует с ней устойчивую поверхность раздела, т. е. прилипает к ней.

В смачивающую жидкость в качестве индикатора добавляют либо краситель, либо люминесцирующую добавку. После того как жидкость проникнет во все сколько-нибудь значительные дефекты (для этого деталь выдерживают в проникающей среде некоторое время, которое определяется формулой), ее излишки удаляют с поверхности. При этом, естественно, какая-то часть проникающей жидкости с введенным в неё красителем,

люминофором остается в дефекте.

Для отыскания дефекта следует извлечь на поверхность подвергаемую осмотру как можно большее количество индикаторного пенетранта, находящегося в микрополости. В этом состоит следующая *вторая задача* капиллярных методов.

Извлечение и локализация индикаторного пенетранта у кромок поверхностных и сквозных несплошностей достигается за счет *молекулярных сил и сорбционных свойств проявителей пенетранта*.

При физической адсорбции молекулы индикаторного пенетранта сохраняют свое первоначальное строение, а *при химической адсорбции* образуют на контролируемой поверхности изделия химическое соединение с проявителем пенетранта.

При использовании в качестве проявителей красок и лаков наблюдается абсорбция жидкости: проявитель, располагающийся над дефектом, поглощает находящуюся в полости дефекта жидкость (индикаторный пенетрант), которая затем растворяется в проявителе. При наличии в проявителе частиц твердого пигмента процесс поглощения жидкости (индикаторного пенетранта) связан с адсорбцией и абсорбцией.

Нанесенное на поверхность адсорбирующее вещество вытягивает из дефекта оставшуюся там жидкость и при этом либо окрашивается в яркий цвет красителя в месте расположения дефекта, либо смачивается жидкостью с люминесцирующей добавкой, которая при облучении ультрафиолетовыми лучами начинает *флуоресцировать*.

Люминесцентный и люминесцентно-цветной методы контроля проводят при облучении изделий ультрафиолетовыми лучами. Это невидимые лучи, расположенные за крайней фиолетовой частью спектра, которые обладают ярко выраженным химическим действием и имеют длину волны 400-50 нм. При облучении контролируемой поверхности ультрафиолетовыми лучами многие вещества их поглощают и начинают испускать видимый свет. Если между моментом поглощения энергии телом и

её выделением в виде излучения проходит измеримый промежуток времени, то это излучение называется *люминесцентным*, а вызванное им свечение – *люминесценцией*.

Люминесценция, которая прекращается сразу после того, как заканчивается действие возбуждителя свечения, называется *флуоресценцией*. Люминесценция, сохраняющаяся после прекращения действия возбуждителя свечения длительное время, называется *фосфоресценцией*.

При люминесцентном контроле некоторые вещества, поглощая световую энергию ультрафиолетового невидимого спектра, отдают её в виде видимого светового излучения. Это явление называется *фотолюминесценцией*.

Среди методов капиллярного контроля особое место занимает метод *проникающих радиоактивных газов*, в котором в качестве пенетранта используют газообразный Криптон-85. Очищенное от загрязнений контролируемое изделие дополнительно вакуумируют с целью удаления адсорбированных газов, а затем обрабатывают Криптоном-85. Радиоактивный газ быстро диффундирует с поверхности, но скапливается в полостях очень мелких поверхностных дефектов. Для индикации дефектов контролируемой поверхности прикладывают рентгеновскую пленку и выдерживают несколько часов. После фотообработки на пленке появляются индикаторные следы. Чувствительность метода к выявлению мелких поверхностных трещин в 100 раз превышает чувствительность цветного метода, однако трещины с шириной раскрытия более 30мкм не выявляются вследствие быстрой диффузии радиоактивного газа.

4. Чувствительность капиллярного метода контроля

Чувствительность капиллярного неразрушающего контроля – это качество контроля, характеризуемое порогом, классом и дифференциальной чувствительностью средств контроля в отдельности, либо целесообразным сочетанием.

Чувствительность метода капиллярной дефектоскопии условно определяется наименьшими значениями раскрытия, глубины и длины надежно выявляемого дефекта (типа трещины) по его индикаторному следу.

Порог чувствительности капиллярного метода – это раскрытие несплошности типа единичной трещины определенной длины, выявляемое с заданной вероятностью по заданным геометрическому или оптическому параметрам следа.

Чувствительность характеризуется нижним и верхним порогами.

Нижний порог чувствительности определяется максимальной величиной раскрытия протяженного дефекта.

Верхний порог чувствительности определяется минимальной величиной раскрытия протяженного дефекта.

С чувствительностью по I классу контролируют лопатки турбореактивных двигателей, уплотнительные поверхности клапанов и их гнезд, металлические уплотнительные прокладки фланцев и др. По II классу проверяют корпуса и антикоррозионные наплавки реакторов, основной металл и сварные соединения трубопроводов, детали подшипников (выявляемые трещины и поры в несколько мкм). По III классу проверяют крепеж ряда объектов, с возможностью выявления дефектов с раскрытием до 100 мкм, по IV классу – толстостенное литье.

Чувствительность определяют на стандартных образцах (ГОСТ 23349 – 84) предприятий по количеству и яркости индикаторных следов выявленных дефектов. Размеры дефектов в стандартных образцах определяют металлографическим или другими методами анализа.

Основные капиллярные методы по чувствительности, определяемой наименьшим размером уверенно выявляемого дефекта, можно расположить в порядке уменьшения чувствительности следующим образом:

- люминесцентный, последующего эмульгирования;
- люминесцентный, удаляемый растворителем;
- люминесцентный, смываемый водой;

- цветной, последующего эмульгирования;
- цветной, удаляемый растворителем;
- цветной, смываемый водой.

Класс чувствительности дефектоскопических материалов достигается при:

- использовании аттестованного набора дефектоскопических материалов, обладающего требуемой чувствительностью;
- соблюдении заданной технологической последовательности операций;
- соответствии атмосферных условий (температуры, влажности, скорости воздуха) требуемым для правильного использования дефектоскопических материалов и аппаратуры;
- соответствии шероховатости поверхности объектов контроля требованиям набора дефектоскопических материалов;
- удалении загрязнений с поверхности объектов контроля и обеспечении доступа пенетранта в полости дефектов;
- выявлении дефектов конкретных типов;
- условии наличия соответствующей классификации у контролера (дефектоскописта).

На чувствительность КНМ оказывает влияние:

- а) правильность выбора пенетранта;
- б) смачивающая способность основного компонента;
- в) свойства адсорбирующего вещества;
- г) качества подготовки поверхности:
 - загрязненность поверхности, посторонние вещества (нагар, шлаки, смазочные масла) препятствуют проникновению пенетранта в дефекты;
 - уровень шероховатости поверхности;
 - «заволакивание» поверхностных дефектов при механической обработке – дробеструйном наклепе при упрочнении закаленных деталей, пескоструйной обработке, очистке поверхностной щеткой, обработкой

резанием;

д) вид очистителя;

е) температура (при снижении температуры чувствительность уменьшается).

5 Дефектоскопические материалы

Дефектоскопические материалы – специализированные вещества, предназначенные для пропитки, нейтрализации или удаления избытка проникающего вещества с поверхности и проявления его остатков с целью получения первичной информации о наличии несплошности в объекте контроля. Их выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к контролируемому изделию, его состояния и условий работы. Их комплектуют в целевые наборы, в которые входят совместимые дефектоскопические материалы:

И – индикаторный пенетрант;

М – очиститель объекта контроля от пенетранта;

Г – гаситель пенетранта;

П – проявитель пенетранта.

Очистители поверхности

Очистители поверхности изделия от загрязнений – это органические растворители, которые применяют для очистки и обезжиривания изделия перед контролем. Они должны обладать высокой растворяющей способностью по отношению ко всем видам загрязнений, легко проникать в полости дефектов, после чего относительно быстро испаряться, очищая их полости. В качестве растворителей применяют технический ацетон, авиационный бензин, технический бензин, растворители 645, 646, метилхлорид, четыреххлористый углерод и другое.

Ацетон применяют для удаления сложных растворителей, окончательной промывки слабозагрязненных деталей, а также для чистой промывки перед повторным дефектоскопированием.

Детали, работавшие в минеральных маслах (коленчатые валы, поршни

и другие тепловозные детали), вначале отмывают авиационным бензином, а затем ацетоном. Бензин лучше, чем ацетон, растворяет минеральные масла, смазки, жиры некоторые природные и искусственные смолы и красители. Его применяют для удаления керосина из внутренней полости трещины.

Растворитель 645 применяют в промышленности для разбавления нитроцеллюлозных лаков и эмалей. При дефектоскопии деталей его используют для очистки деталей от масел, жиров, мыл, мягкого сажистого нагара, некоторых искусственных и природных смол. Некоторые компоненты растворителя 645 сравнительно медленно испаряются и долго удерживаются в полостях дефектов. Поэтому после обработки растворителем 645 детали промывают ацетоном. Для очистки деталей также применяют растворители Р4 и 646.

Для удаления продуктов коррозии с поверхности деталей выполняют следующие операции: обезжиривание, травление, промывку водой, нейтрализацию применяемых реактивов, повторную промывку водой и сушку.

Обезжиривают детали обычно бензином Б70 или щелочными водными растворами с последующей просушкой в струе сжатого воздуха. Для удаления легкого налета окислов детали обрабатывают в слабых растворах кислот или щелочей (для стали – 3 –5 %-ный раствор серной или соляной кислоты). Толстый слой ржавчины удаляют 10 –15 %-ным раствором фосфорной кислоты при температуре 40 – 50 °С. При травлении растворы кислот применяют с добавкой ингибиторов коррозии.

Индикаторные пенетранты

Индикаторный пенетрант (И) – это проникающая индикаторная жидкость, имеющая в своем составе вещества, (люминесцентные, цветные, люминесцентно-цветные и т. п.), химически активные по отношению к проявителю пенетранта и предназначенная для заполнения полостей открытых поверхностных дефектов и последующего образования индикаторного следа с необходимыми яркостно-цветовыми или другими

свойствами, достаточными для его индикации и регистрации.

Индикаторные пенетранты подразделяют в зависимости от *физического* состояния *колористических* признаков на растворы и суспензии, как указано в табл. 3.

В зависимости от *физических свойств* пенетранты делятся на нейтральные, магнитные, электропроводящие, ионизирующие, поглощающие ионизирующее излучение, комбинированные.

В зависимости от *технологических свойств* пенетранты подразделяются на *удаляемые* органическими растворителями, водосмываемые после воздействия очистителя или поверхностно-активных веществ, *нейтрализуемые* гашением люминесценции или цвета.

Индикаторный пенетрант представляет собой раствор или суспензию жирорастворимого темно-красного (Ж или 5С) красителя, широко применяемых при цветном методе контроля, или смесь люминофора с различными органическими растворителями, маслами, керосином, поверхностно-активными и другими веществами. Например, красная краска № 1 – бензол – 95 %, трансформаторное масло – 5 %, краситель (судан IV) – 10 г/л; Одним из простых и распространенных пенетрантов, способных люминесцировать, является 65 % керосина, 25 % трансформаторного масла, 10 % бензина и люминоформ с красителем. Люминесцирующим веществом в пенетрантах, применяемых при люминесцентном и люминесцентно-цветном методах контроля, могут быть нориол А или Б, родамин С, желто-зеленый люминоформ 490 РТ (люмоген II) и др.

Очиститель от пенетранта (М) – состав, предназначенный для удаления индикаторного пенетранта с контролируемой поверхности изделия самостоятельно или в сочетании с растворителем или водой.

В качестве очистителя пенетранта используют поверхностно-активные вещества типа ОП-10, моющие порошки, а также этиловый ректифицированный спирт и другие жидкости.

Гаситель пенетранта (Г) – состав, предназначенный для устранения

фоновой окраски при цветном методе контроля или люминесценции при люминесцентном или люминесцентно-цветном методе контроля остатков индикаторного пенетранта на контролируемой поверхности.

В качестве гасителя для люминесцентных пенетрантов используется смесь резорцина с изопропиловым спиртом или ацетоном.

В зависимости от характера взаимодействия с индикаторным пенетрантом очистители и гасители подразделяют на растворяющие, самоэмульгирующие и эмульгирующие при внешнем воздействии.

Проявители пенетрантов

Проявитель пенетранта (П) – состав, предназначенный для извлечения индикаторного пенетранта из полости дефекта с целью образования индикаторного следа и создания фона, облегчающего обнаружение местоположения и визуальное восприятие изображения дефекта.

В зависимости от характера взаимодействия проявителя с индикаторным пенетрантом существуют химически пассивные, не меняющие колористические свойства индикаторного пенетранта; химически активные, (реактивные) меняющие цвет, способность люминесцировать или дающие продукты реакции, индицирующие дефекты.

Для проявления дефектов на контролируемой поверхности изделия используют растворенные в воде, спирте, ацетоне или других жидкостях, каолин, белую нитроэмаль, медицинский коллодий, оксид магния MgO , углекислый кальций $CaCO_3$, углекислый магний $MgCO_3$. В зависимости от физического состояния проявители существуют в виде порошка, суспензии, краски, пленки

Проявители, создающие пленочное покрытие, состоят из 79 % коллодия на эфирно-спиртовой смеси, 20 % бензола, 10 % ацетона, густотертых цинковых белил – 50 г на 1 л смеси.

В целях унификации обозначения дефектоскопических материалов применяют единую систему индексации.

Нумерацию дефектоскопических материалов устанавливают в стандартах или технических условиях на конкретный материал.

В последнее время для контроля качества изделий нашел широкое применение аэрозольный способ нанесения дефектоскопических материалов на контролируемую поверхность изделия с использованием аэрозольных баллонов. Дефектоскопические материалы заправлены в баллон вместе с инертным сжиженным газом – хладоном 12 или 22 (фреоном 12 или 22). Известны белорусские материалы: люминесцентный пенетрант ЛЖТ, цветной пенетрант «Пион» в аэрозольных газовых баллончиках.

Наборы дефектоскопических материалов (КД-1, ...КД-4) для каждого метода капиллярной дефектоскопии выбирают исходя из требуемой чувствительности, производительности контроля и возможности его автоматизации и механизации, стабильности качества материалов в условиях применения и хранения, химической инертности материалов по отношению к контролируемым изделиям.

6 Аппаратура для капиллярного контроля

Для обнаружения дефектов капиллярными методами контроля применяют дефектоскопы различных типов, состоящие из приборов и вспомогательных средств. В зависимости от функционального назначения и эксплуатационной законченности дефектоскопы включают в себя полностью или частично следующие функциональные устройства подготовки объектов к контролю; обработки объектов дефектоскопическими материалами; выявления дефектов; контроля качества дефектоскопических материалов; контроля ультрафиолетового, видимого, теплового и других используемых излучений, контроля технологических процессов подготовки объектов и обработки их дефектоскопическими материалами.

В комплект дефектоскопа входят баллоны с проникающей жидкостью, проявляющей краской и растворителем для удаления излишков

проникающей жидкости в процессе контроля, а также футляр с кистями, эталонный образец со шлифовочными трещинами, малогабаритный краскораспылитель и 7-кратная лупа.

Дефектоскопы изготовляют в следующих исполнениях: переносные, передвижные и стационарные.

По своему технологическому назначению аппаратура и оборудование для капиллярного контроля делится на унифицированные группы:

– КД-10,...КД-19 – стационарные комплексные дефектоскопы – типа КД-10- базовая модель;

– КД-20,...КД-29 – стационарные передвижные для выполнения отдельных операций, например осмотра изделий в УФ излучении, КД-20 – базовая модель;

– КД-30,...КД-39 – переносные ультрафиолетовые облучатели, КД-30 – базовая модель;

– КД-40,...КД-49 – переносные аэрозольные дефектоскопы, КД-40 – базовая модель;

– КД-50,...КД-59 – ряд вспомогательных средств, КД-50 – базовая модель;

– КД-60,...КД-69 – ряд -ультрафиолетовых облучателей с источниками УФ-излучения, КД-60 – базовая модель.

Тип аппаратуры и оборудования выбирают с учетом их размеров и массы, условий и объема работы; требуемой производительности и типа используемых дефектоскопических материалов.

Переносную и передвижную аппаратуру используют в условиях мелкосерийного производства, ремонта и эксплуатации изделий. Наиболее перспективны передвижные аэрозольные комплекты (например КД-40ЛЦ). Их выполняют разборными и при необходимости многократно заряжают с помощью стенда, входящего в состав комплекта.

В условиях крупносерийного производства отливок используют стационарную аппаратуру (например, ЛДА-3, УКЛ-1 с ртутными лампами

сверхвысокого давления ДРШ), состоящую из ряда установок и приспособлений для пропитки пенетрантом, мойки, сушки, проявления и осмотра отливок при обычном освещении или ультрафиолетовом излучении.

Дополнительно в необходимых случаях для обнаружения следа дефекта и расшифровки результатов контроля применяют различные средства осмотра (лупы, бинокулярные стереоскопические микроскопы, зеркала) в условиях, обеспечивающих освещенность объекта контроля, соответствующую правилам эксплуатации этих средств.

Контроль качества деталей и сварных соединений изделий при люминесцентном и люминесцентно-цветном методах проводят при облучении их ультрафиолетовыми лучами (УФ-лучи). В качестве источников ультрафиолетовых лучей применяют газоразрядные источники света – специализированные ртутные лампы, а также неспециализированные лампы с приставными светофильтрами.

Для оценки чувствительности дефектоскопических материалов, качества промежуточной очистки и контроля всего капиллярного процесса применяются *контрольные образцы*. Это металлические пластины с определенной шероховатостью и нанесенными на них нормированными искусственными трещинами (дефектами). Используются отдельные контрольные образцы II или III класса чувствительности, либо комплект из трех контрольных образцов со II и III классом чувствительности (рабочий, контрольный, экспертный).

В настоящее время ведутся работы по автоматизации капиллярного контроля. Для расшифровки результатов контроля создаются автоматические анализаторы изображения.

При массовом производстве ряда изделий необходимо производить проверку каждого изделия. В этих случаях применяют автоматические линии для капиллярного контроля.

Контрольные вопросы

1 Раскройте сущность метода капиллярного контроля.

2. Какова классификация основных видов капиллярного контроля по типу проникающего вещества?
3. Какова классификация основных видов капиллярного контроля по способу получения первичной информации?
4. Какие существуют комбинированные методы капиллярной дефектоскопии?
5. Какие имеются преимущества и недостатки методов капиллярного контроля?
6. Физические основы капиллярного контроля.
7. Какова чувствительность капиллярных методов контроля?
8. Какие дефектоскопические материалы входят в целевые наборы для проведения капиллярного контроля?
9. Какие вещества входят в состав очистителей?
10. Из каких основных компонентов состоят индикаторные пенетранты?
11. Для чего служит гаситель пенетранта?
12. Каков характер взаимодействия проявителя с индикаторным пенетрантом?
13. Какие существуют обозначения дефектоскопических материалов и методов капиллярного контроля?
14. Какие типы дефектоскопов используются при капиллярном контроле?