**16.05.2020**

**ЗДРАВСТВУЙТЕ!**

Мы продолжаем изучение МДК.01.04 Контроль качества сварных соединений.

**Тема урока:**

Практическая работа № 4: «Капилярная дефектоскопия (контроль жидкими пенетрантами)».

**Цель работы** — приобретение навыков в выявлении дефектов сварных соединений цветным капиллярным методом и определение его чувствительности.

**теоретические основы**

Капиллярные методы контроля предназначены для обнаруже­ния нарушений сплошности в поверхностных слоях сварных со­единений.

в большинстве случаев согласно техническим требованиям не­обходимо выявлять настолько малые дефекты, что заметить их при визуальном осмотре почти невозможно. Применение же оптических приборов, например лупы или микроскопа, не позво­ляет обнаружить поверхностные дефекты из-за недостаточной контрастности их изображений на фоне металла и малого поля зрения при большом увеличении.

Методы капиллярной дефектоскопии обеспечивают выявление разного рода трещин, свищей, микропор и других дефектов, вы­ходящих на поверхность, за счет повышения контрастности инди­каторного рисунка, образующегося на дефектах, на фоне поля.

Контроль, осуществляемый методами капиллярной дефекто­скопии, заключается в следующем. Поверхность контролируемых деталей очищают от пыли, лакокрасочных покрытий, органиче­ских и других загрязнений, обезжиривают и сушат. На подготов­ленную поверхность наносят слой пенетранта и выдерживают не­которое время, чтобы жидкость проникла в открытую полость де­фекта (рис. 1, а). Затем жидкость удаляют с поверхности (рис. 1, б), но часть ее остается в полости дефекта.

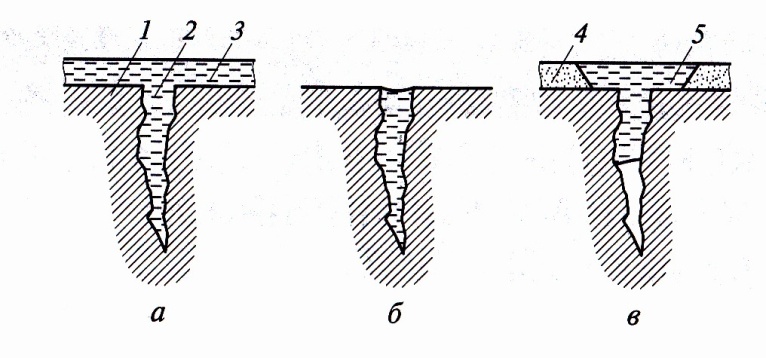


Рис. 1. Схема контроля поверхности детали капиллярным методом с применением проявителя:

а – полость трещины заполнена проникающей жидкостью; б – жидкость удалена с поверхности детали; в – нанесен проявитель, трещина выявлена; 1 – деталь; 2 – полость трещины; 3 – проникающая жидкость; 4 – проявитель; 5 - индикаторный след трещины.

Чтобы повысить выявляемость дефектов, далее на поверхность детали наносят специальный проявитель (рис. 1, в) в виде быст­росохнущей суспензии (например, из каолина или коллодия) либо лаковое покрытие. Проявляющий материал (обычно белого цвета) вытягивает пенетрант из полости дефекта, что приводит к обра­зованию на проявителе индикаторного следа, который полностью повторяет конфигурацию дефекта в плане, но больше его по раз­мерам. Такие следы легко различимы даже без использования оп­тических средств. Степень увеличения размеров индикаторного следа тем больше, чем глубже расположен дефект, т. е. значитель­нее объем заполнившего его пенетранта, и больше времени прошло с момента нанесения проявляющегося слоя.

Физической основой методов капиллярной дефектоскопии слу­жит явление капиллярной активности, т.е. способность жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные отверстия и открытые с од­ной стороны каналы.

При попадании жидкости в капиллярный канал ее поверхность искривляется, образуя так называемый мениск. Силы поверхно­стного натяжения стремятся уменьшить свободную границу ме­ниска, и в капилляре начинает действовать дополнительная сила, приводящая к всасыванию смачивающей жидкости. Глубина, на которую жидкость проникает в капилляр, прямо пропорциональ­на коэффициенту ее поверхностного натяжения и обратно про­порциональна радиусу капилляра. Иными словами, чем меньше радиус капилляра (дефекта) и лучше смачиваемость материала,

тем быстрее и на большую глубину жидкость проникает в капил­ляр.

Процесс контроля капиллярными методами складывается из следующих технологических операций: подготовка объекта к кон­тролю, обработка его дефектоскопическими материалами, выявле­ние дефектов и заключительная очистка объекта по окончании процесса.

Подготовка объекта к контролю заключается в удалении все­возможных загрязнений и лакокрасочных покрытий, обезжирива­нии и сушке контролируемой поверхности.

Для очистки поверхности применяют комбинацию способов механической обработки (шлифование, полирование, шабрение и др.) с последующей промывкой и протиркой легколетучими жидкими растворителями (скипидар, ацетон, бензин, спирт и др.). Способ очистки выбирают исходя из того, что он должен обеспе­чить удаление загрязнений из полости дефекта, не внося в нее новые.

Сварные швы и околошовные зоны обрабатывают абразивным кругом, а затем наждачной шкуркой разной зернистости. Такая механическая обработка позволяет удалить все неровности и сгладить выпуклость шва.

Однако в процессе очистки абразивная и металлическая пыль заполняет полости дефектов, а тонкий слой пластически деформи­рованного металла закрывает их. Поэтому после механической обработки поверхность должна быть протравлена, чтобы вскры­лись полости дефектов.

Обработка контролируемого объекта дефектоскопическими материалами заключается в заполнении полостей дефектов инди­каторной жидкостью, удалении ее избытка и последующем нане­сении проявителя.

В состав пенетрантов на водной основе входят люминофоры или красители, а также ингибиторы — вещества, замедляющие окислительные процессы. Такие пенетранты наиболее техноло­гичны, безопасны для здоровья операторов, не воспламеняются и легко удаляются с поверхности простым смывом. Однако с после­дним свойством пенетрантов связан их основной недостаток: при смыве удаляется часть жидкости и из полостей дефектов, что сни­жает чувствительность контроля. Поэтому пенетранты на водной основе применяют ограниченно.

Наиболее широко распространеныпенетранты на основе различных органических жидкостей (керосин, скипидар, бен­зол, уайт-спирит и др.). Они требуют осторожности в обращении, но обеспечивают высокую чувствительность выявления дефектов.

Пенетрант целесообразно наносить с помощью пульверизато­ра или мягкой кистью. При этом продолжительность выдержки независимо от размеров выявляемых дефектов не должна превы­шать 5 мин.

В методах капиллярной дефектоскопии различают несколько способов выявления дефектов. При осуществлении порошкового («сухого») способа используют проявители в виде сухого белого сорбента (каолин, мел и др.), поглощающие индикаторный пенет­рант. «Мокрый» способ основан на применении проявителя в виде концентрированной суспензии, приготовленной из белого порошка, размешанного в летучем раствори­теле (керосин, бензол и др.), воде или их смесях.

При выявлении дефектов с помощью слоя краски или лака используют проявитель, представляющий собой пигментиро­ванный или бесцветный быстросохнущий раствор (например, коллодия), поглощающий индикаторный пенет­рант.

Пленочный проявитель в виде бесцветной или белой индика­торной ленты с проявляющим слоем, который поглощает индика­торный пенетрант и легко отделяется вместе с индикаторным сло­ем дефекта от контролируемой поверхности, технологичен и по­зволяет получать дефектограмму, анализировать ее отдельно от сварного соединения и сохранять как объективный документ кон­троля.

Самопроявляющий способ включает в себя два варианта. Бес­порошковый вариант связан с погружением сварного соединения в раствор органических кристаллов люминофора в летучем ком­поненте.

После извлечения соединения из индикаторной жидкости ра­створитель быстро испаряется, а кристаллы люминофора оседают на кромки дефекта. Эти кристаллы люминесцируют под действи­ем ультрафиолетового излучения. Чтобы устранить фоновое све­чение всего соединения, его обрабатывают в специальном раство­ре ингибитора, который гасит люминесценцию на поверхности, но почти не влияет на люминофор, проникший в капиллярные по­лости дефектов.

При осуществлении люминесцентной дефектоскопии исполь­зуют все указанные способы выявления дефектов. Проявление порошком или суспензией наиболее широко распространено в силу простоты процесса и доступности материалов, но наименее эффективно. Поэтому в люминесцентной дефектоскопии чаще всего применяют пленочный и самопроявляющий способы выяв­ления дефектов.

Для оценки условного уровня чувствительности используют тест-образцы с естественными или искусственными дефектами. Обычно тест-образцы содержат трещины, образовавшиеся при неправильном выбор режима шлифования.

Контролируемую поверхность со слоем проявителя сушат в потоке теплого воздуха, а затем дважды (через 5 и 20 мин после нанесения проявителя) производят ее осмотр, причем в случае осуществления люминесцентной дефектоскопии — при освеще­нии объекта ультрафиолетовым излучением, а в случае выполне­ния цветной дефектоскопии — при электрическом освещении или дневном свете. Освещенность на рабочем участке должна со­ставлять не менее 500 лк.

Осмотр производят невооруженным глазом, а при необходимо­сти — с применением луп, обеспечивающих малое увеличение (1,5х—2х) и большое поле зрения. Обнаруженный индикаторный след изучают с помощью оптических приборов.

Рисунок индикаторных следов и топография их расположения позволяют довольно уверенно судить о типе дефектов. Трещины любого происхождения, волосовины, заковы, неслитины, непровары, неспаи и оксидные пленки выглядят как четкие, иногда прерывистые, окрашенные или люминесцирующие линии разной конфигурации.

Растрескивание металла и межкристаллитная коррозия на уча­стках поверхности крупнозернистых сплавов выявляются в виде группы отдельных коротких линий или их сетки.

О наличии межкристаллитной коррозии на участках поверхно­сти мелкозернистых сплавов свидетельствуют пятна или размы­тые полосы.

Поры, язвенная коррозия, отдельные очаги межкристаллитной коррозии и эрозионные повреждения поверхности выявляются как отдельные точки или звездочки.

Индикаторный рисунок на поверхности сварного соединения может быть образован также различными допустимыми повреж­дениями или загрязнениями. В процессе контроля по дополни­тельным признакам необходимо отличить лжедефекты от истин­ных дефектов. Отбраковку сварных соединений осуществляют в тех случаях, когда число и размеры выявленных штрихов, линий и точек больше допустимых значений, установленных техничес­кими условиями.

По завершении контроля производят *заключительную очист­ку*сварного соединения от проявителя протиркой его поверхно­сти растворителями, промывкой и другими способами.

*Аппаратура*для выявления дефектов капиллярными методами представлена выпускаемыми промышленностью переносными и стационарными дефектоскопами различных типов. Наиболее пер­спективным является переносной аэрозольный комплект КД-40ЛЦ, предназначенный для контроля сварных соединений в по­левых, цеховых и лабораторных условиях цветным, люминесцен­тным и люминесцентно-цветным методами. Комплект включает в себя ультрафиолетовый облучатель КД-ЗЗЛ и разборные аэро­зольные баллоны, которые можно многократно заряжать дефек­тоскопическими материалами на зарядном стенде, также входя­щем в комплект. Баллоны объединены в три набора. В одном из них содержатся баллоны, подогреваемые электрическим током, что позволяет производить контроль при температурах окружаю­щей среды до -40 °С.

Для цветной дефектоскопии при небольшом объеме работ ис­пользуют переносные дефектоскопы ДМК-4 и ДАК-2Ц. Первый из них выполнен в виде чемодана с гнездами и секциями, в которых размещены принадлежности для контроля: емкости с расходными растворителями, краской и жидкостью, пеналы с кистями и лупы.

При контроле сварных соединений или узлов на стендах в це­хах и лабораториях широко применяют стационарные дефекто­скопы, позволяющие механизировать и автоматизировать ряд операций. Эти дефектоскопы снабжены рольгангами и транспор­терами для подачи контролируемых объектов, распылительными камерами, мощными осветителями и другими устройствами.

**ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ И ОБРАЗЦЫ**

Для выполнения лабораторной работы потребуются:

* переносной дефектоскоп ДМК-4 с набором дефектоско­пических материалов (табл. 1);
* лупа с увеличением до 10х и измерительной шкалой;
* сварные образцы с дефектами;
* тест-образцы с искусственными дефектами.

Таблица 1. Наборы дефектоскопических материалов, применяемых для капиллярного контроля сварных соединений.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шифр набора | Условный уровень чув­ствительно­сти | Рецептура | | | | | |
| пенетранта | | проявителя | | очистителя | |
| компонент | содержание | компонент | содержание | компонент | содержание |
| ЛЮМ-А | I | Люмоген № 2 | 20 г | Нитроэмаль белая | 30 мас. % | Спирт | 80 мас. % |
| Дитолилметан | 500 мл | Коллодий медицинский | 30 мас. % | Эмульгатор ОП-7 | 20 мас. % |
| Спирт | 400 мл | Ацетон | 40 мас. % | — | — |
| Эмульгатор ОП-7 | 100 мл | — | — | — | — |
| ЛЮМ-Б | II | Нориол А | 15 мас. % | Бентонит | 0,72...2,21 мас. % | Спирт | 80 мас. % |
| Керосин топливный | 85 мас. % | Каолин | 6,67... 10 мас. % | Эмульгатор ОП-7 | 20 мас. % |
| — | — | Вода | 87...92мас. % | — |  |
| ДК-1 | I | Керосин | 800 мл | Спирт | 500 мл | Вода | 99 мас. % |
| Нориол А | 200 мл | Вода | 500 мл | Эмульгатор ОП-7 | 1 мас. % |
| Судан красный 5С | 10г/л | Каолин | 400 г/л | — |  |
| ДК-2 | I | Родаман С | 3 мас. % | » | 23 ...26 мас. % | Спирт | 80 мл |
| Эмульгатор ОП-7 | 10 мл | Смачиватель СВ-102/50 | 4,2...4,5 мл | Эмульгатор ОП-7 | 100 мл |
| Спирт | 100 мл | Этиленгликоль | 3,5...4,0 мл | — | — |
| — | — | Вода | 100 мл — | — |  |

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Подготовьте поверхности сварных образцов к капиллярному контролю.

1. Нанесите на контролируемые поверхности образцов индика­торную жидкость и удалите ее избыток.
2. Нанесите проявитель.
3. Установите наличие индикаторного следа на контролируе­мой поверхности сварного образца и определите его размеры с помощью лупы.
4. С применением тест-образцов с искусственными дефектами оцените условный уровень чувствительности метода, пользуясь табл. 2.

**Таблица 2. Условные уровни чувствительности**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условный уровень чувствительности | Размеры дефекта, мкм | | |
| ширина | высота | длина |
| I | Менее 1 | Менее 10 | Менее 0,1 |
| II | 1…10 | 10…100 | 0,1…1 |
| III | 10…100 | 100…1000 | 1…10 |
| IV | Более 100 | Более 1000 | Более 10 |

**ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ**

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Приведите ре­зультаты выявления дефектов с их эскизами и оценочные значе­ния условного уровня чувствительности метода контроля.

Сформулируйте выводы по результатам работы.

<https://youtu.be/1KBaP8sZa4o> - Капилярная дефектоскопия

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. На каком физическом явлении основаны методы капиллярной дефектоскопии?
2. Назовите известные вам составы дефектоскопических мате­риалов и их назначение.
3. Перечислите основные технологические операции капилляр­ного контроля.
4. Какое оборудование необходимо для осуществления капил­лярной дефектоскопии?

**Литература:**

**Основные источники:**

Чебан В. А. Сварочные работы /В. А. Чебан.- Изд. 7-е.- Ростов н/Д : Феникс, 2010. (Начальное профессиональное образование).

Маслов В. И. Сварочные работы: Учеб.для нач. проф. образования: Учеб.пособие для сред. проф. образования - М.: ПрофОбрИздат, 2002.

Дополнительные источники.

Г.Г Чернышов. Справочник электрогазосварщика и газорезчика: учеб.пособие для нач. проф. образования – М. : Издательский центр «Академия», 2006.

М.Д. Банов Ю.В. Казанов «Сварка и резка материалов», Учебное пособие – М: ОИЦ «Академия», 2009г.

Овчинников В. В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов: учебник/ В.В.Овчинников.- М.: КНОРУС, 2010.-(Начальное профессиональное образование).

А.И. Герасименко «Основы электрогазосварки», Учебное пособие – М: ОИЦ «Академия», 2010г

В. Г. Лупачев «Ручная дуговая сварка» учебник –Мн.; Выш. шк., 2006.

**ОТЧЕТ ПРИСЫЛАТЬ НА АДРЕС**: [kopytin.andrej@yandex.ru](mailto:kopytin.andrej@yandex.ru)с пометкой «Практическая работа № 4: «Капилярная дефектоскопия (контрольжидкимипенетрантами».

Можно ответы написать в тетради, от руки, сделать фотографию и выслать по указанному адресу.