Министерство транспорта Российской Федерации

Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

“Омский Государственный университет путей сообщения”

(ОмГУПС)

**Кафедра: Теоретическая электротехника**

**РЕФЕРАТ**

“Измерения и неразрушающий контроль на железнодорожном транспорте.”

**Выполнила:**

Студентка

ИМЭК 57 к

Куликова Василина Игоревна

**Проверил:**

Мешкова Ольга Борисовна

Г.Омск

2008 год

**Содержание**

Введение

1. Ультразвуковая дефектоскопия.
2. Акустико-эмиссионный контроль режимов шлифования.
3. Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля.
4. Визуально-оптический контроль деталей.
5. Методы неразрушающего контроля состояния рельсов.
6. Неразрушающий контроль при ремонте и техническом обслуживании подвижного состава.
7. Библиографический список.

 **ВВЕДЕНИЕ**

Современные технологические процессы изготовления продукции маши­ностроения во многих случаях сопровождаются промежуточным контролем ка­чества изделий. В связи с этим важное значение приобретают неразрушающие методы контроля качества, которые позволяют не только обнаруживать дефек­ты на поверхности или в толще изделия, но и определять их форму и размеры, а также пространственное положение. Каждый из этих методов обладает опреде­ленными преимуществами, что позволяет с большей точностью выявлять те или иные типы дефектов.

Процессы образования и роста дефектов ставят под угрозу возможность безаварийной эксплуатации подвижного состава. Обеспечение безопасности движения за счет своевременного обнаружения заводских и усталостных де­фектов в ответственных элементах пути и подвижного состава приносит огром­ный экономический эффект и служит сохранению человеческих жизней. Реше­ние этой проблемы достигается современными физическими методами неразрушающего контроля.

В настоящее время неразрушающий контроль представляет собой само­стоятельную интенсивно развивающуюся на стыке физического материалове­дения и технологии отрасль науки и техники, которая находит широкое приме­нение в различных сферах производства и особенно на транспорте.

Практика показывает, что правильная организация контроля, а также умелое использование того или иного метода контроля, разумное сочетание этих методов позволяют с большой надежностью оценить наличие дефектов контролируемых изделий.

**I. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ**

**1.1. Краткие теоретические сведения**

**1.1.1. Физические основы**

Ультразвуковые колебания являются одним из многочисленных приме­ров колебаний, имеющих место в природе (морские волны, ветровые импульсы и т. д.) и возникающих под действием одного или, что гораздо чаще, несколь­ких непрерывно действующих импульсов.

Ультразвуковые волны получили широкое применение в народном хо­зяйстве, в механических, физических, химических процессах, в медицине. Ультразвуковые колебания широко применяются для контроля качества мате­риала, сварных соединений и др. Для этих целей пьезоэлектрическим преобра­зователем возбуждаются ультразвуковые колебания. Возбуждение их происхо­дит в результате так называемого пьезоэффекта - электрические колебания, по­данные на пластину, преобразуются в механические. Это имеет место в пласти­нах из кварца, титаната бария и других материалов вследствие перестройки в них положения кристаллов, оси которых под действием проходящего тока по­ворачиваются в металле, и в результате этого поворота изменяется и суммарная длина пластины. Эти удлинения, следующие непрерывно друг за другом, соз­дают волну.

Частота колебаний, возбуждаемая ультразвуком, может варьироваться в широких пределах - от 0,5 - 1,0 Гц до 20 МГц.

Между изделием и ультразвуковым преобразователем акустический контакт создают путем введения слоя воды или незамерзающей магнитной жидкости. Если акустический контакт невозможен, то применяют бесконтактный ввод ультразвуковых колебаний с помощью электромагнитных акустических преобразователей (ЭМА), чувствительность которых ниже, чем у пьезоэлектрических.

Волны передают механическую энергию, а скорость их перемещения определяется лишь свойствами колеблющейся среды:

 (1.1)

где - длина волны;

- частота.

Приближенно скорость распространения продольной волны определяется по формуле:

 (1.2)

где *Е* - модуль упругости;

*р—*плотность среды, подверженной колебаниям.

Скорость распространения поперечной волны определяется по формуле:

 (1.3)

где *G* - модуль поперечной упругости,

-коэффициент поперечного сокращения Пуассона, для стали  *-* 0,3.

**1.1.2. Аппаратура ультразвукового (УЗ) контроля**

Процессы преобразования энергии УЗ-колебаний происходят в трех трак­тах дефектоскопа:

- электроакустический тракт, где электрические колебания преоб­разуются в ультразвуковые и обратно, состоит из пьезопреобразователей, демпферов, переходных и контактных слоев, электрических колебательных контуров генератора;

- электрический тракт состоит из генератора, усилителя и определяет амплитуду зондирующего импульса;

- акустический тракт определяет путь от излучателя до отражателя в металле и обратно - от отражателя до приемника.

Ультразвуковые дефектоскопы предназначены для излучения УЗ-колебаний, приема эхо-сигналов, установления положения и размеров дефек­тов. Аппаратура УЗ-контроля включает в себя пьезопреобразователь, электрон­ный блок и вспомогательные устройства.

Основной частью пьезопреобразователя является пьезоэлемент, например пластина кварца или титаната бария в виде диска толщиной, равной половине длины волны ультракоротких (УК) колебаний. Преобразователи разделяются на прямые (вводят продольную волну перпендикулярно контролируемой поверх­ности); наклонные (вводят поперечную волну под углом к поверхности); раз­дельно-смещенные (вводят продольную волну под углом 5 - 10° к плоскости, перпендикулярной поверхности ввода).

Прямой УЗ-преобразователь состоит из корпуса, пьезопластины, окруженной с одной стороны демпфером, сокращающим длительность сво­бодных колебаний, а с другой - защитным донышком , предохраняющим ее от механических повреждений.

Наклонный преобразователь имеет пьезопластину , прикле­енную к призмам из полимеров (оргстекло, полистирол и др.). Малая скорость распространения волн в полимерах позволяет при малых углах падения волн на объект вводить поперечные волны под большим углом. Когда ультразвуковой импульс достигает противоположной стороны образца, он отражается от нее и продолжает зигзагообразный путь между двумя поверхностями.

Прямые и наклонные преобразователи работают по совмещенной схеме: один и тот же пьезоэлемент служит в качестве излучателя и приемника. Выпус­кают также раздельно-совмещенные преобразователи (рис. 1.1, в), у которых имеются две пьезопластины: одна подключается к генератору излучения (Г), другая - к приемнику (П). Между ними устанавливается акустический экран.

 **б в**

**Рис. 1.1. Ультразвуковые преобразователи:**

**а - прямой; б - наклонный (призматический); в - раздельно-совмещенный (PC); 1 - корпус; 2 - демпфер; 3** - пьезопластина; **4** - **защитное донышко (протектор); 5 - призма; 6 — токоподвод; 7 - акустический экран**

Электронный блок генерирует импульсы с высокой степенью частоты, усиливает и преобразует эхо-сигналы, отраженные от объекта, и отображает указанные эхо-сигналы на телевизионной трубке.

Дефектоскопы работают по следующей схеме. От блока синхронизатора тактовые импульсы поступают в генератор зондирующих импульсов и запус­кают его. При подаче запускающего импульса в контуре, состоящем из индук­тивности, емкости накопительного конденсатора, возникают радиочастотные колебания, называемые зондирующими импульсами. Последние возбуждают в пьезопластине ультразвуковые колебания. Одновременно тактовые импульсы с синхронизатора подаются и на генератор развертки электронно-лучевой труб­ки. Скорость развертки регулируется в зависимости от толщины прозвучивае-мого металла.

Отраженные от дефекта импульсы упругих колебаний подаются па пье-зопластину и преобразуются в ней в электросигналы. Эти колебания усилива­ются в усилителе, затем подаются на экран электронно-лучевой трубки. При развертке расстояние от зондирующего импульса до принятого сигнала про­порционально времени прохождения импульса от пьезопластины до дефекта и обратно. По числовым значениям скорости и времени прохождения ультразву­ка можно определить координаты дефекта. Отклонение луча на электронно­лучевой трубке в вертикальном направлении характеризует амплитуду сигнала и пропорционально значению размера дефекта.

Амплитуда измеряется градуированными приборами - аттенюаторами, имеющимися в дефектоскопах. Дефектоскоп также содержит автоматизирован­ный сигнализатор для звуковой и световой индикации дефектов.

**1.1.3. Ультразвуковой дефектоскоп ДУК-13ИМ**

Дефектоскоп предназначен для выявления внутренних дефектов в изде­лиях из металлов (трещин, пор, расслоений, непроваров, шлаковых включений и т. д.), определения их координат в сварных и клепаных соединениях.

Прибор является переносным и используется в цеховых и полевых усло­виях **в** интервале температуры О-40°С и относительной влажности не бо­лее 80 % при 20°С. Работает он на частотах 1,8 и 2,5 МГц как с прямыми, так и с наклонными искательными головками.

Чувствительность прибора регулируется в широких пределах и на частоте 2,5 **МГц** обеспечивает выявление дефектов, эквивалентных отверстиям в этало­не **№ 1 при температуре** 20°С:

для искательных головок с углами 30 и 40° - отверстия 45 мм;

**для** искательных головок с углами 50° - отверстия 5 мм.

Минимальная глубина выявления дефектов (мертвая зона прибора) - не более 3 мм для искательных головок с углом падения 50°.

Максимальная глубина прозвучивания - 600 мм (для стали) в режиме «контроль по слоям».

Прибор позволяет вести контроль объекта в двух режимах работы:

контроль по слоям;

контроль от поверхности.

При контроле по слоям задержка развертки по времени плавно регулиру­ется в пределах от 12 до 100 мкс. Длительность развертки регулируется в пре­делах от 20 до 100 мкс.

В приборе ДУК-13ИМ имеется электронный глубиномер со шкалами прямого отсчета координат залегания дефектов и шкалой отсчета времени про­хождения ультразвука в микросекундах. Шкала «МКС» используется для опре­деления координат дефектов при контроле изделий из материалов со скоростью ультразвука, отличной от скорости ультразвука в стали СтЗ.

Прибор комплектуется прямой искательной головкой для прозвучивания объектов продольными волнами на частоте 2,5 МГц и призматическими голов­ками с углами падения УЗК 30, 40 и 50° - для прозвучивания объекта питания прибора является сеть переменного тока напряже­нием 220 В частотой попереч­ными волнами на частотах 1,8 и 2,5 МГц.

Индикация дефектов производится при появлении сигналов в телефоне и импульса на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Источником 50 - 60 Гц.

**II. АКУСТИКОЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ**

**2.1. Краткие теоретические сведения**

Одним из наиболее перспективных методов неразрушающего контроля (применительно к контролю технологических процессов) является метод аку­стической эмиссии (АЭ).

Особое значение имеет использование метода АЭ для оперативного кон­троля абразивной обработки, среди многообразия видов которой наиболее ши­роко распространено шлифование. Контроль методом АЭ по своим возможно­стям не имеет аналогов, поскольку позволяет оценить ряд параметров качества обработки (шероховатость, некруглость, волнистость детали, режущую спо­собность круга) непосредственно в процессе шлифования.

**2.1.1. Принципы АЭ-контроля шлифования**

Рабочие контакты единичных режущих зерен шлифовального круга с по­верхностью обрабатываемой детали генерируют сигналы АЭ. Энергия акусти­ческого сигнала зависит от количества единичных врезаний, т. е. связана с ре­альной производительностью обработки. Это дает возможность по изменениям сигнала АЭ судить о выходных характеристиках шлифования, связанных с мгновенным объемом металла (режущей способностью круга, некруглостью, волнистостью детали).

Аппаратура регистрации сигнала АЭ при шлифовании включает в себя датчик (пьезопреобразователь), преобразующий механические колебания в

электрический сигнал; предварительный усилитель; узкополосный фильтр с центральной частотой,/; детектирующее звено; самописец. В настоящей работе роль предусилителя, фильтра и детектора выполняет селективный микровольт­метр. На самописце записывается интенсивность узкополосной составляющей сигнала *I/t).*

В условиях круглого врезного шлифования (при вращении детали) реги­страция сигнала (рис. 2.1) производится путем поджима датчика 3 к поверхно­сти детали 2. Для уменьшения трения между датчиком и деталью используется тифлоновая пробка. Благодаря кулисному механизму поджима 4 уменьшение диаметра детали

*d = do-2tp*  (2.1)

где *d0* - диаметр заготовки, мм;

?р - припуск, мм,

не сказывается на плотности контакта датчика с обрабатываемой поверх­ностью.

Рис. 2.1. Крепление пьезопреобразователя в рабочей зоне

Цикл круглого врезного шлифования (рис. 2.2, а) предусматривает три режима: черновая подача (FBp = 3 - 6 мм/мин); чистовая подача (Квр = 1 - 0,5 мм/мин); выхаживание (Квр = 0).

Такое дифференцирование цикла позволяет обеспечить, с одной стороны, высокую производительность обработки, с другой стороны,- требуемое качество шлифуемой поверхности.

Акустограмма (рис. 2.2, б)

0,5



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| vвр.чер | vвр.чист | vвр=0 |

Рис. 2.2. Цикл обработки (а) и соответствующая акустограмма АЭ (б)

При этом характер колебаний / в процессе обработки позволяет выделить переходные зоны, связанные с выходом оборудования на установившийся ре­жим. Протяженность переходных зон зависит от режущей способности круга. Чем острее зерна абразива, тем быстрее выбирается натяг технологической сис­темы и тем короче переходные зоны на акустограмме *I/t).*

Таким образом, задавая математически функцию *I/t)* в областях переход­ных зон, можно количественно оценить текущую режущую способность круга. Наиболее удобен для аппроксимации режим выхаживания. Его можно прибли­женно промоделировать выражением:

(2.3)

где *р-* постоянная времени, количественно отражающая крутизну падания ин­тенсивности сигнала *If,* т. е. показатель *Р* может использоваться для оценки те­кущей режущей способности инструмента.

Проведя предварительные эксперименты и получив предварительную для максимально допустимого затупления круга величину *р,* можно регламентиро­вать рациональную длительность периода правки.

**III. МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**3.1. Краткие теоретические сведения**

Магнитные методы контроля основаны на обнаружении магнитного по­тока рассеяния, создаваемого различными дефектами в намагниченных издели­ях из ферромагнитных материалов. Магнитный поток, распространяясь по из­делию и встречая на своем пути дефект, огибает его вследствие того, что маг­нитная проницаемость дефекта значительно (в 1000 раз) больше магнитной проницаемости основного материала. В результате этого часть магнитно-силовых линий вытесняется дефектом на поверхность, образуя местный маг­нитный поток рассеяния (рис. 3.1). Дефекты, которые вызывают возмущение в распределении силовых линий магнитного потока без образования местного потока рассеяния, не могут быть обнаружены методами магнитной дефектоско­пии. Возмущение потока происходит тем сильнее, чем большее препятствие представляет собой дефект. Так, если дефект'расположен вдоль направления магнитных силовых линий, то возмущение магнитного потока невелико, в то время как тот же дефект, расположенный перпендикулярно или наклонно на­правлению магнитного потока, создает значительный поток рассеяния.

В зависимости от способа регистрации магнитного потока рассеяния маг­нитные методы контроля подразделяют на магнитопорошковый, магнитогра­фический, феррозондовый.

а б

Рис. 3.1. Распределение магнитного потока по сечению качественного сварного шва (а) и дефектного (б)

Сущность магнитопорошкового метода заключается в том, что на по­верхность намагниченной детали наносят ферромагнитный порошок в виде суспензии с керосином, маслом или мыльным раствором (мокрый метод) или в виде магнитного аэрозоля (сухой метод). Сухой метод менее чувствителен, и его применяют на стадии предварительного контроля для выявления грубых дефек­тов. Под действием втягивающей силы магнитных полей рассеяния частицы порошка перемещаются на поверхности деталей и скапливаются в виде валиков над дефектами. Форма этих скоплений соответствует очертаниям выявляемых дефектов.

„Методика контроля магнитопорошковым методом включает в себя сле­дующие операции:

1. подготовку поверхностей перед контролем и очистку их от загрязне­ний, окалины, следов шлака после сварки;
2. подготовку суспензии, заключающуюся в интенсивном перемешивании
3. магнитного порошка с транспортирующей жидкостью;
4. намагничивание контролируемого изделия;
5. нанесение суспензии на поверхность контролируемого изделия;
6. осмотр поверхности изделия и выявление мест, покрытых отложением
порошка,

В сомнительных случаях валик порошка удаляют и повторяют операции 3-5. После контроля изделие размагничивают.

Магнитопорошковый метод отличается высокой чувствительностью к тонким и мелким трещинам, простотой выполнения, оперативностью и наглядностью результатов, поэтому его широко применяют для контроля продольных сварных швов и изделий, выполненных из магнитных материалов

Чувствительность контроля магнитопорошкового метода зависит от ряда факторов: размера частиц порошка и способа его нанесения, напряженности приложенного намагничивающего поля, рода приложенного тока (переменный или постоянный), формы, размера и глубины залегания дефектов, а также от их ориентации относительно поверхности изделия и направления намагничивания, состояния и формы поверхности, способа намагничивания.

Частицы порошка должны иметь размер 5-10 мкм. Для выявления глу­боко залегающих дефектов применяют более крупный магнитный порошок. Для магнитных суспензий (мокрый метод) применяют магнитный порошок с мелкими частицами. Кроме того, частицы мелкого порошка должны обладать максимальной подвижностью. С этой целью необходимо применять частицы неправильной формы. Дополнительную подвижность частицы магнитного по­рошка получают после покрытия их пигментом с низким коэффициентом трения.

С увеличением напряженности приложенного поля (до достижения ин­дукции насыщения) возрастает чувствительность метода.

При контроле магнитными методами наиболее хорошо выявляются пло­скостные дефекты деталей: трещины, непровары и несплавление, наибольший размер которых ориентирован под прямым или близким к нему углом относи­тельно направления магнитного потока. Дефекты округлой формы (поры, шла­ковые включения, раковины) не могут создавать достаточного потока рассея­ния и, как правило, при контроле обнаруживаются плохо. Практикой установ­лено, что магнитопорошковым методом выявляются поверхностные и подпо­верхностные (на глубине не более 2 мм) трещины с раскрытием от 0,01 мм, глубиной (высотой дефекта) от 0 - 0,5 мм и длиной 0,5 мм И более. С увеличе­нием глубины залегания дефектов уменьшается скорость скопления магнитного порошка и увеличивается ширина линии порошка, что затрудняет выявление дефектов и определение их характера.

Наибольшая чувствительность магнитопорошкового метода достигается при контроле гладко обработанных поверхностей.

На чувствительность контроля и, следовательно, на выявляемость дефек­тов значительно влияют способы намагничивания изделий. Для создания опти­мальных условий контроля применяют три способа намагничивания: продоль­ное, циркулярное и комбинированное (табл.3.1).

Продольное намагничивание осуществляют с помощью электромаг­нитов, постоянных магнитов и соленоидов. При продольном намагничивании поле направлено вдоль продольной оси сварного шва или детали. Применяют продольное намагничивание для обнаружения поперечных дефектов сварки.

Циркулярное намагничивание осуществляется при пропускании тока по контролируемой детали или через проводник (стержень), помещенный в от­верстие детали. Магнитное поле при этом способе направлено перпендикуляр­но плоскости кольцевого сварного шва или продольной оси детали. При такой схеме намагничивания хорошо выявляются продольные дефекты сварки. Наиболее эффективно циркулярное намагничивание при контроле труб, валов, стержней и др.

Чувствительность контроля магнитопорошкового метода зависит от ряда факторов: размера частиц порошка и способа его нанесения, напряженности приложенного намагничивающего поля, рода приложенного тока (переменный или постоянный), формы, размера и глубины залегания дефектов, а также от их ориентации относительно поверхности изделия и направления намагничивания, состояния и формы поверхности, способа намагничивания.

Частицы порошка должны иметь размер 5-10 мкм. Для выявления глу­боко залегающих дефектов применяют более крупный магнитный порошок. Для магнитных суспензий (мокрый метод) применяют магнитный порошок с мелкими частицами. Кроме того, частицы мелкого порошка должны обладать максимальной подвижностью. С этой целью необходимо применять частицы неправильной формы. Дополнительную подвижность частицы магнитного по­рошка получают после покрытия их пигментом с низким коэффициентом трения.

С увеличением напряженности приложенного поля (до достижения ин­дукции насыщения) возрастает чувствительность метода.

При контроле магнитными методами наиболее хорошо выявляются пло­скостные дефекты деталей: трещины, непровары и несплавление, наибольший размер которых ориентирован под прямым или близким к нему углом относи­тельно направления магнитного потока. Дефекты округлой формы (поры, шла­ковые включения, раковины) не могут создавать достаточного потока рассея­ния и, как правило, при контроле обнаруживаются плохо. Практикой установ­лено, что магнитопорошковым методом выявляются поверхностные и подпо­верхностные (на глубине не более 2 мм) трещины с раскрытием от 0,01мм, глубиной (высотой дефекта) от 0 - 0,5мм и длиной 0,5мм и более. С увеличе­нием глубины залегания дефектов уменьшается скорость скопления магнитного порошка и увеличивается ширина линии порошка, что затрудняет выявление дефектов и определение их характера.

Наибольшая чувствительность магнитопорошкового метода достигается при контроле гладко обработанных поверхностей.

На чувствительность контроля и, следовательно, на выявляемость дефек­тов значительно влияют способы намагничивания изделий. Для создания опти­мальных условий контроля применяют три способа намагничивания: продоль­ное, циркулярное и комбинированное (табл.3.1).

Продольное намагничивание осуществляют с помощью электромаг­нитов, постоянных магнитов и соленоидов. При продольном намагничивании поле направлено вдоль продольной оси сварного шва или детали. Применяют продольное намагничивание для обнаружения поперечных дефектов сварки.

Циркулярное намагничивание осуществляется при пропускании тока по контролируемой детали или через проводник (стержень), помещенный в от­верстие детали. Магнитное поле при этом способе направлено перпендикуляр­но плоскости кольцевого сварного шва или продольной оси детали. При такой схеме намагничивания хорошо выявляются продольные дефекты сварки. Наиболее эффективно циркулярное намагничивание при контроле труб, валов, стержней и др.

Таблица 3.1

Основные способы намагничивания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование способа | Средство намагничивания | Графическая схема намагничивания |
| Продольное (полюсное)ЦиркулярноеКомбинированное | Постоянным магнитом, электромагнитомСоленоидомПропускание тока по деталиС помощью контактов, устанавливаемых на детальС помощью провода с током¸ помещаемого в отверстие деталиИндуктирование ток в деталиПропусканием тока по детали с помощью электромагнитаПропусканием двух или более сдвинутых по фазе токов по детали во взаимно перпендикулярных направленияхИндуктирование тока в детали и током, проходящим по поводнику, помещаемому в отверстие детали | 12345678910 |

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Комбинированное намагничивание осуществляется при одновре­менном намагничивании детали двумя или несколькими магнитными полями. Примером комбинированного намагничивания может быть намагничивание трубы соленоидом и пропускание переменного тока через проводник, прохо­дящий внутри трубы.

**3.1.1. Аппаратура магнитопорошкового метода контроля**

Основные детали дефектоскопов следующие: источники тока, устройства для подвода тока к детали, устройства для полюсного намагничивания (соле­ноиды, электромагниты), устройства для нанесения на контролируемую деталь порошка и суспензии, измерители тока (или напряженности поля). В дефекто­скопах наиболее широко распространены циркулярное намагничивание про­пусканием переменного тока по детали (или через стержень) и продольное на­магничивание постоянным током.

Для магнитопорошкового контроля в основном применяют дефектоскопы трех видов: стационарные универсальные, передвижные и переносные, специа­лизированные (стационарные и передвижные).

В качестве материала для приготовления порошков в основном исполь­зуют мелко помолотую закись-окись железа с размером частиц 5-10 мкм. Иногда применяют чистую железную окалину, получаемую при ковке и про­катке, а также стальные опилки, образующиеся при шлифовании стальных из­делий. Для лучшей индикации дефектов изделий различного цвета применяют цветные порошки (красный, серебристый и др.). Их получают открашиванием темных порошков или отжигом по специальной технологии.

Для приготовления магнитных суспензий чаще всего используют масля-но-керосиновые смеси (соотношение масла и керосина 1:1) с содержани­ем 50 -60 г порошка на 1 л жидкости. Могут применяться и водные суспензии, например мыльно-водная с содержанием в 1 л воды 5 - 6 г мыла, 1 г жидкого стекла и 25 ± 5 г магнитного порошка.

I**V. ВИЗУАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ**

**4.1. Краткие теоретические сведения**

Глаз человека является основным контрольным прибором при дефекто­скопии деталей. Визуально проверяются полуфабрикаты и готовая продукция, отклонения от формы и геометрические размеры изделий, изъяны материала, обработка поверхности (крупные трещины и коррозионные поражения) и дру­гие дефекты.

Качество визуального контроля ограничено возможностями глаза и зави­сит от удаленности объекта, слабой освещенности, быстрого перемещения из­делия и др.

Намного расширить пределы естественных возможностей глаза позволя­ют оптические приборы, которые увеличивают остроту зрения и разрешающую способность глаза примерно во столько раз, во сколько увеличивает оптический прибор.

Визуальный контроль с применением оптических устройств называется визуально-оптическим. Это наиболее доступный и простой метод обнаружения поверхностных дефектов изделий.

При визуально-оптическом контроле изделия осматриваются в видимом свете с использованием оптических приборов. Этот вид контроля используется на различных стадиях изготовления детали, в процессе их эксплуатации и ре­монта.

По виду приемника лучей, отраженных от контролируемого изделия, раз­личаются следующие виды оптических приборов:

* визуальные;
* детекторные;
* комбинированные.

Приемником у визуальных приборов является глаз человека. К визуаль­ным приборам относятся обзорные приборы, лупы, микроскопы, эндоскопы и др. В эту же группу входят приборы, с помощью которых измеряются геомет­рические размеры.

У детекторных приборов приемником лучистой энергии являются все­возможные детекторы: химические реактивы, электронные приборы, люминес-цирующие вещества и др.

Комбинированными приборами контроль можно производить визуально и при помощи детекторов.

При визуально-оптической дефектоскопии в основном используются ви­зуальные аппараты, которые можно разделить на три группы:

- приборы для контроля изделий небольших размеров, расположенных от глаза контролера в пределах расстояния наилучшего зрения (лупы, мик­роскопы);

- приборы для контроля удаленных объектов (бинокли, зрительные трубы, телескопические лупы);

- приборы для контроля скрытых объектов, внутренних полостей объектов (перископы, бороскопы, эндоскопы и др.).

**4.1.1. Видимость объектов**

Видимостью называется степень различимости объектов при их наблю­дении. Она зависит от продолжительности осмотра, контраста, яркости, цвета, освещенности и других условий. Каждому из таких факторов соответствует свой порог видимости, ниже которого объект не будет виден несмотря на бла­гоприятность остальных условий. Например, при слишком малой освещенности предмет нельзя сделать видимым никаким увеличением.

К наиболее существенным условиям видимости относятся контраст и уг­ловые размеры объекта контроля.

За меру яркостного контраста чаще всего принимается отношение:

 (4.1)

где Вф - яркость окружающего фона;

*Во* - яркость рассматриваемого объекта.

При *К >* 0,5 контраст считается большим, при 0,2 < *К* < 0,5 - средним и при *К* < 0,2 - малым.

Порог контрастной чувствительности *Клор* (т. е. минимальный яркостный контраст, который контролер еще способен различать) для большинства людей равен 0,01 - 0,02 при оптимальных условиях осмотра. В реальных условиях *Кпор =* 0,05 -0,06.

Отношение значения наблюдаемого контраста к значению порогового контраста в данных конкретных условиях определяет видимость объекта:

 (4.2)

Максимального яркостного контраста, а следовательно, и максимальной видимости можно достигнуть при использовании белого и черного цветов или белого с красным.

**4.1.2. Оптические приборы**

При осмотре с помощью оптических приборов происходит увеличение углового размера рассматриваемого объекта. Острота зрения увеличивается во столько раз, во сколько увеличивает оптический прибор. Это позволяет видеть мелкие объекты, которые нельзя обнаружить невооруженным глазом.

Необходимо помнить, что с ростом увеличения оптических приборов значительно сокращаются поле зрения и глубина резкости, поэтому для осмот­ра деталей применяются в основном приборы не более 20 - 30-кратного увеличения. При общем осмотре и поиске дефектов используют при­боры 2 - 16-кратного увеличения, а при анализе обнаруженных дефектов - при­боры 15 - 30-кратного увеличения.

**4.1.3. Микроскоп стереоскопический МБС-10**

Стереоскопические микроскопы находят наиболее широкое применение при визуально-оптической дефектоскопии. Они служат для наблюдения прямо­го объемного изображения предметов в отраженном и проходящем свете. Зна-

чительным преимуществом микроскопов этого типа является наличие систем Галилея, переключением которых достигается быстрое изменение увеличения при постоянном рабочем расстоянии. В комплект микроскопа входят широко­угольные окуляры с различным увеличением, с помощью которых можно полу­чить нужное значение.

Микроскоп типа МБС используется для оптического контроля малогаба­ритных и некоторых крупногабаритных деталей. Кроме того, он может приме­няться при капиллярной и магнитной дефектоскопии.

Линейные значения увеличения микроскопа приведены в табл. 4.1. К микроскопу прилагается четыре пары окуляров увеличения 4, 8, 12, 16 с диоп­трийной наводкой, шкалой и сеткой. Округленные значения увеличения указа­ны на корпусах окуляров.

Общий вид микроскопа показан на рис. 4.1. Основным узлом прибора яв­ляется оптическая головка 1, в которую вмонтированы все оптические детали. Объектив микроскопа 14 крепится на резьбе к корпусу головки. Выше объекти­ва в корпусе на подшипниках установлен барабан с системами Галилея. На конце оси насажаны рукоятки 12, при вращении которых происходит переклю­чение увеличения объектива. Округленные значения увеличения 7; 4; 2; 1; 0,57 нанесены на рукоятках.

Для того чтобы установить нужное увеличение, необходимо, вращая ба­рабан, совместить цифру на рукоятке 12 с точкой, нанесенной на подшипнике. При этом перефокусировку производить не нужно. Каждое из положений бара­бана фиксируется щелчком. Оптическая головка имеет механизм фокусировки. При вращении рукояток 18 происходит подъем и опускание оптической голов­ки относительно столика микроскопа. Окулярная насадка устроена так, что по­зволяет изменять межзрачковое расстояние в соответствии с индивидуальными особенностями глаз наблюдателя. На оправах призм крепятся окулярные труб­ки 11. Оправы объективов могут поворачиваться в направляющей. При измене­нии межзрачкового расстояния прибора, вращая призмы вместе с оправами объективов, следует держаться за корпус призм, а не за окулярные трубки.

Контроль объектива можно вести как в проходящем, так и в отраженном свете, для чего имеется осветитель. Он состоит из конденсатора и лампы с па­троном, объединенных в общем корпусе. Питание лампы осуществляется от се­ти переменного тока напряжением 220 В только через блок питания 24.

Рис. 4.1. Микроскоп МБС-10:

1 - барабан с корпусом; 2 - столик микроскопа; 3 - основание стола; 4 - кольцо диоптрийной наводки; 5 - бинокулярная насадка; 6 - рукоятка механизма изме­нения межзрачкового расстояния; 7 - фиксатор столика; 8 - винты, фиксирую­щие бинокулярную насадку; 9 - втулка осветителя; 10 - гайка осветителя; 11 -окулярная трубка; 12 - рукоятки переключения увеличений; 13 - стойка; 14 -объектив f = 90 мм; 15 - предметное стекло; 16 - держатели; 17 - рукоятка фо­кусировки; 18 - рукоятка регулировка хода; 19-кольцо

**V. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВ**

Железные дороги Северной Америки ежегодно тратят около 80 млн. дол. На проверку состояния рельсов. Большинство дефектов выявляются до момента их перерастания в опасные, однако изломы рельсов в пути полностью исключить не удается. Поэтому железные дороги ведут исследования по повышению надежности дефектоскопии рельсов в условиях эксплуатации за счет совершенствования существующих методов неразрушающего контроля, особенно за счет более широкого приминения бесконтактных технологий.

Табл 1

|  |
| --- |
| **Методы** |
| **Механический и оптический** | **Проникающее излучение** | **Электромагнитный и электронный** | **Звуковой и ультразвуковой** | **Химико-аналитический** | **Анализ изображения сигнала** | **Термический** |
| Визуально-оптический | Рентгенография | Магнитные частицы | Импульсный эхосигнал | Методом пятна | Выделение видеосигнала | Контактная термография |
| Голография | Флуороскопия | Магнитный резонанс | Звуковые колебания | Ионное рассеивание | Цифровое преобразование изображения | Термоэлектрический пробник |
| Анализ среза | Гамма-радиография | Эффект Баркгаузена | Акустическая эмиссия | Дифракция рентгеновских лучей | Компьютерная томография | Радиометрия инфракрасных лучей |
| Проникающая жидкость | Нейтронная радиография | Вихревой ток | Лазерный | Активация нейтронами | Ультразвуковая спектроскопия | Видеотермография |
| Обнаружение течи | Радиометрия обратного рассеивания | СВЧ-излучение | Акустический и ударный | Анализ Мёссбауэра | Анализ контура сигнала | Электротермальный |

Табл 2

Рабочие характеристики ультразвуковых щупов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Щуп преобразователя | Расстояние от щупа до обсле­дуемой детали | Чувствитель­ность | Эффектив­ность | Сложность щупа | Сложность сканирующей системы | Достоверность сигнала | Пригодность к, обследован *ню* оолыних со­оружений |
| Скользящий контакт | Контакт | Высокая | Высокая | Низкая | Высокая | Низкая | Низкая |
| Погружение | Фокусное рас­стояние | • | Средняя | • | \* | Высокая | ***\**** |
| Барботер | Контакт | ***\**** | Высокая | • | Средняя | Средняя | ***\**** |
| Водная струя | 1 - 20 см | » | Средняя | Средняя | » | Высокая | Высокая |
| Воздушная среда | 1 - 50 см | Средняя | Низкая |  |  | Средняя | » |
| Электромагнитный1 | <0,2см | Низкая | \* | Высокая | Высокая | Низкая | Низкая |
| Л азер-опти чес ки й | 1 - 1000 см | Средняя |  |  | Средняя | Высокая | Высокая |

1 Требуется электропроводный материал

**Технология неразрушающего контроля**

Методы неразрушающего контроля позволяют оценивать внутреннее или внешнее состояние материалов, деталей или конструкций без их повреждения или нарушения режима работы. Неразрушающий контроль может включать как простой визуальный осмотр, так и сложный ультразвуковой анализ микроструктуры при окружающей температуре или при охлаждении материала. При выборе метода неразрушающего контроля для конкретного применения необходимо иметь представление о его техноло­гии. Помимо изучения физических возможностей метода, важно также ознакомление с очертанием об­следуемой детали, типом и предполагаемым местом разрыва или наличием дефекта. В большинстве слу­чаев используются технические требования к мето­дике проверки, в число которых входят:

* уровень аттестации оператора;
* разрешенные методы неразрушающего контроля;
* требования к установке и ее проверке;
* приемочные критерии;
* документация и формы отчетности;
* требования к чистоте исследуемой поверхности до и после проверки.

Большинство существующих технологий нераз­рушающего контроля можно разделить на семь ме­тодов: механический и оптический; проникающее излучение; электромагнитный и электронный; звуко­вой и ультразвуковой; химико-аналитический; анализ изображения сигнала; термический. В табл1 приведены основные технические средства, используемые в этих методах.

Для проверки рельсов в пути обычно применяют ультразвуковой метод. В нем используются импульс­ные эхо-сигналы и анализ изменений ультразвука. Эти технические средства доказали свою надежность. Однако все существующие методы неразрушающего контроля имеют свои ограничения по применению. На способность выявлять дефекты в рельсах с по­мощью ультразвуковых методов оказывают влияние:

* состояние поверхности рельса, характеризующее­ся наличием отслоений и выщербин металла, сетки поверхностных трещин, избыточной смазки, следов от шлифовальных кругов; геометрия головки рельса (изношенный профиль);
* форма дефекта и его ориентация;
* электрический или механический шум, проникаю­щий в щуп;
* недостаточно плотный контакт щуп с поверхностью рельса.

Таблица 3

Эксплуатационные характеристики бесконтактных ультразвуковых щупов-преобразователей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Щуп преоб­разователя | Эффективность передатчика | Эффектив­ность при­емника | Частотаколебаний | Удаленность | Геометрия детали | Скорость сканирования | Расходимость оптического *■,'■■* пучка |
| Воздушная среда | Средняя, низкая для металлов | Средняя | 20 кГц-5 МГц | 0,5- 12 см | Следует учиты­вать многовари­антность геомет­рических пара­метров деталей | Средняя 40 см/с (2 м/с фиксиро­ванная) | Малая (1-5 см) |
| Водная струя | Высокая | Высокая | 0,5- 15 МГц | 1 -20 см | Ограниченная по доступности и ра­диусу кривизны | Тоже | Малая (0,2 -1см) |
| Лазер-опти­ческий |  | Низкая | 20 кГц - 20 М Гц | 1 -1000 см | Весьма перемен­ная | Максимальная 200 см/с (20 м/с фиксированная) | Незначительная (0,05 ~ 1 см) |

Современные ультразвуковые методы проверки ПОСЦЮШИ на использовании жидкого связующего вещества и непосредственном контакте искателя с обследуемой поверхностью. Это ограничивает зону проверяемого сечения рельса. Бесконтактные систе­мы позволяют увеличить площадь проверяемого се­чения рельса.

**Перспективные технологии**

Центр транспортных технологий (ТТС, США) и университет Johns Hopkins работали над идентифи­кацией ультразвуковых технических средств, кото­рые можно использовать для проверки рельсов в пу­ти. Университет провел сопоставление различных ультразвуковых устройств, которые можно применять на контактной и бесконтактной основе. В табл. 2 при­ведены рабочие характеристики ультразвуковых щу­пов различных типов, приспособленных для скани­рования.

Наиболее перспективными являются бесконтакт­ные технические средства. К ним относятся преобра­зователи, связанные через воздушную среду или вод­ную струю, а также лазерно-оптические.

В табл. 3 сопоставлены данные по бесконтактным устройствам трех типов. Их сравнение показывает, что путем объединения лазер-оптического передаю­щего преобразователя с принимающим, связанным с рельсом через воздушную среду, при дефектоскопии может не потребоваться смачивание рельсов для луч­шего проникновения ультразвука в головку рельса. Применение такой бесконтактной системы позволяет устранить или свести к минимуму некоторые ограни­чения, присущие обычным ультразвуковым методам проверки рельсов.

Предварительные результаты показали, что ис­пользование лазерно-оптических передающих пре­образователей, объединенных с принимающими, по­зволяет выявлять поперечные трещины в подошве рельса. Бесконтактный метод, помимо устранения потребности в жидкой связующей среде между пре­образователем и поверхностью рельса, сводит к ми­нимуму помехи, возникающие при проверке кон­тактными ультразвуковыми методами стрелочных переводов и глухих пересечений, стыковых накла­док, костылей, рельсовых клемм и других элементов пути.

Схема ультразвуковой дефектоскопии рельсов с помощью лазерного преобразователя

Работу устройства проверили на образце рельса в лабораторных условиях и на рельсах длиной 6,1 м, установленных в пути. Для испытаний в пути преоб­разователи лазерный и с воздушной связью размес­тили на ручной рельсовой тележке. Эту систему пла­нировали оценить на испытательном полигоне ТТС к концу 2002г.

При содействии Ассоциации американских же­лезных дорог (AAR) ТТС планировал продолжить разработку методов дефектоскопии рельсов, кото­рые дополнят существующие измерительные систе­мы. Основное внимание будет уделено повышению эффективности проверки состояния рельсов. Удач­ные варианты планировали реализовать в виде опыт­ных образцов и провести их испытания для оценки эксплуатационных возможностей. Наиболее эффек­тивные системы будут представлены к внедрению.

**VI. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РЕМОНТЕ И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

В.А. СМИРНОВ, заместитель генерального директора — главный инженер ОАО «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта», кандидат технических наук В.Л. ЛАЗАРЕВ, главный конструктор Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства ОАО «РЖД»

Н.Ю. ИЛЬЮЩЕНКОВА, начальник сектора неразрушающего контроля Проектно-конструкторского бюро вагонного хозяйства ОАО «РЖД»

На предприятиях по ремонту подвижного состава железных дорог Германии и Франции при­меняются ультразвуковой, магнитопорошковый, вихретоковый, визуальный, капиллярный и рентге­нографический методы неразру­шающего контроля (НК). Основ­ным объектом неразрушающего контроля подвижного состава яв­ляются колесные пары.

При поступлении колесных пар в ремонт на первой позиции технологического процесса на автоматизированной установке ультразвукового контроля с элекромагнитоакустическими преоб­разователями измеряются оста­точные механические напряжения в колесах (для подвижного соста­ва с колодочными тормозами). Забракованные колес­ные пары направляются на тер­мообработку. В дробеструйной установке стальной дробью (диа­метром около 1 мм) очищаются диски колес, а также зоны контак­та ультразвукового преобразова­теля с поверхностью оси. Далее при помощи оптической или лазерной автоматизированной измерительной установки выполняются контроль геомет­рических параметров и обточка колесных пар. Установки измеря­ют диаметры и профили колес по кругу катания, расстояние меж­ду внутренними гранями, ширину обода, длину и диаметр шеек. Колесная пара подъемным уст­ройством устанавливается на стенд и приводится во вращение фрик­ционным роликом. На оптической установке профили обоих колес видны на экране на фоне шаблона стандартного профиля. Лазерная установка обеспечивает автома­тический контроль с электронной паспортизацией данных колесных пар колеи 1435мм диаметром от 630 до 1005мм массой до 2 т. Вре­мя проверки колесной пары - по­рядка 5 мин.

Неразрушающий контроль цельнокатаных колесных пар при ремонте осуществляется с исполь­зованием автоматизированной установки AURA (Фраунгофе-ровский институт НК, Германия), оснащенной манипуляторами со сканирующими устройствами для ультразвукового и вихретокового контроля и многоканальной сис­темой сбора и обработки данных.

Контроль поверхности катания на наличие термических трещин (образуются при торможении ко­лодочными тормозами) осущест­вляется с использованием вихре-токовых преобразователей. Для обеспечения высокой помехоза­щищенности блоки электроники ультразвукового модуля обра­ботки данных помещены в непос­редственной близости от датчиков на манипуляторе сканирующего устройства. В современных мо­дификациях используются мно­гоэлементные преобразователи с фазированными решетками, что позволяет сократить коли­чество датчиков. Перемещение сканирующих устройств, пода­ча контактирующей жидкости (вода) и контрольные операции осуществляются автоматически. Время проверки колесной пары -А—7 мин.

В зависимости от модификации установки контроль осей и колес выполняется раздельно или на од­ной позиции. Контроль оси произ­водится в зонах наиболее вероятного образования трещин (шейка оси, подступичная часть, места посадки тормозных дисков) с по­мощью многоэлементных ультра­звуковых преобразователей, ус­танавливаемых на цилиндрические поверхности оси. Преобразова­тель состоит из 64 чувствительных элементов, каждый из которых имеет определенный угол ввода ультразвука. Время проверки оси — 4—5 мин. В более поздних мо­дификациях установки применяют ультразвуковые преобразовате­ли с фазированными решетками (4 группы преобразователей), поз­воляющие существенно расширить диаграмму направленности (угол ввода луча может изменяться от 28 до 72°).

Использование установки поз­воляет выполнить весь спектр контрольных операций в авто­матическом режиме с элект­ронной паспортизацией данных. Окончательное решение о год­ности колесной пары принимает оператор.

Магнитопорошковый контроль дисков цельнокатаных колес под­вижного состава проводят вруч­ную с применением люминес­центных магнитных индикаторов. Намагничивание колеса произво­дится по секторам соленоидом переменного тока (способом приложенного поля). Размагни­чивание колеса при этом не тре­буется. Качество магнитного ин­дикатора (магнитной суспензии) проверяется на стандартном об­разце — диск со шлифовочными трещинами. Достаточность осве­щения ультрафиолетового облу­чателя проверяется с помощью люксметра. Для лучшей выявляе­мости дефектов в ультрафиоле­товом освещении рабочее место затемнено.

Технология неразрушающего контроля деталей буксового узла ограничена визуальным ос­мотром роликов, сепараторов и колец без разборки подшипников (подшипники на железных доро­гах Германии и Франции не ре­монтируют) . Следует отметить повышенное внимание к качеству очистки подшипников, корпусов букс и других деталей буксо­вого узла перед проведением контроля.

Для проведения контроля ко­лесных пар в процессе эксплуатации в смотровых канавах (на эстакадах) пунктов технического обслуживания высокоскоростных поездов ICE используются уста­новки UFPE. Установки осуществляют ультразвуковой контроль дисков колесных пар методом V-образного прозвучивания, для чего используются 4 группы преобразователей с фа­зированными решетками, работа­ющими на частоте 2 МГц (в первых модификациях установок исполь­зовались 17 и 12 измерительных головок для тяговых и ходовых колесных пар соответственно). В качестве контактной жидкости используется вода.

Для проверки различных типов колесных пар (разный диаметр колес) используют сменные мо­дули и измерительные головки с изменяемой геометрией. Время проверки одной колесной пары менее 10 мин. За последние годы разработаны разные модификации установки, позволяющие проверять одновременно две ко­лесные пары, что обеспечивает повышенную производительность и сокращает время простоя поез­да при ремонте и обслуживании. Установки внедряются в депо по обслуживанию скоростных по­ездов ICE всех модификаций с 2000г. Ежегодно ими выбрако­вывается около 1% проверенных колесных пар.

Контроль полых осей осущест­вляется ультразвуковым методом при помощи автоматизированных мобильных MPS 01 и стационарных MPS 02 установок. В состав мо­бильного комплекса HPS 01 входят держатель головок, телескопичес­кая штанга и тележка для подъезда и установки. Перемещение преоб­разователей осуществляется внут­ри оси по винтовой траектории, угол ввода лучей — 0, 37 или 45° в зависимости от диаметра отверс­тия в оси. Время проверки состав­ляет 20—25 мин.

Первая установка внедрена в 2002г. в депо Гамбург. Всего на предприятиях по ремонту и обслу­живанию высокоскоростных и при­городных поездов используется 16 таких установок. Стационарная ав­томатизированная установка HPS 02 оборудована тремя измери­тельными головками на телескопи­ческом манипуляторе и позволяет контролировать различные типы полых осей диаметром от 30 до 90 мм.

Для железных дорог Германии ведутся перспективные разработ­ки систем неразрушающего конт­роля колесных пар при движении поезда со скоростью до 5 км/ч. Датчики устанавливаются вдоль специальных рельсов в виде мат­рицы 4x130 шт. и осуществляют контроль дисков ультразвуковым методом. Для выявления дефек­тов в гребне колес используют 80 дополнительных преобразовате­лей. В качестве контактной жид­кости используется вода.

Неразрушающий контроль локомотивов на железных до­рогах Франции осуществляется преимущественно ручными при­борами на механизированных позициях. При осуществлении магнитопорошкового контроля крупногабаритных деталей пе­ремещение намагничивающего устройства, поворот и фиксация контролируемой детали в произ­вольном положении механизиро­ваны. Подача суспензии осущест­вляется вручную из пластиковой емкости с распылителем.

Величина магнитного поля оце­нивается по показаниям ампер­метра генератора тока намагничи­вающего устройства (допустимая для работы зона выделена на ин­дикаторе цветной маркировкой, которая наносится при аттестации установки). Особенностью орга­низации ультразвукового контро­ля на железных дорогах Франции является запрет использования заранее установленных програм­мных настроек. На предприятиях по ремонту и обслуживанию вы­сокоскоростных поездов TGV для сокращения времени проверки ис­пользуются автоматизированные установки, аналогичные применя­емым в Германии.

Широкое распространение на железных дорогах Франции полу­чили капиллярные методы контро­ля для обнаружения поверхност­ных дефектов крупногабаритных деталей (рамы тележек, картеры дизелей) и деталей, изготовленных из немагнитных материалов (алю­миниевые сплавы, легированные стали, композиционные матери­алы). Используются два вида пенетрантов на основе углеводоро­дов — цветные (окрашенные) для выявления крупных дефектов на больших площадях поверхностей и флюоресцентные - для поиска «тонких» дефектов.

Пенетранты на основе уайт-спирита не применяются в связи с опасностью для человека и низкой эффективностью использования средств индивидуальной защиты. Диапазон рабочих температур большинства применяемых пенетрантов 10-50 °С. В ряде случаев могут использоваться специаль­ные средства с диапазоном, сме­щенным в сторону более высоких или низких температур. Для визу­ализации дефектов используются жидкие проявители на базе лету­чих растворителей. Удаляют пенетрант и проявитель водой.

Типовое время дефектоскопии рамы тележки локомотива капил­лярным методом составляет 2 ч (без учета подготовительных опе­раций по очистки поверхности), расход пенетранта при нанесении кисточкой — 1 литр.

Из деталей сцепного устройс­тва в незначительном объеме производится контроль магнитопорошковым способом (либо рентгеноскопией) крюков, пре­имущественно после выполнения сварочных работ.

Система стандартов в облас­ти неразрушающего контроля концерна DB включает качество поставляемых деталей подвиж­ного состава, квалификацию пер­сонала и организацию обучения, технологические процессы и их составляющие, требования к мет­рологическому обеспечению, анализ результатов, мониторинг и менеджмент.

Головной организаций в облас­ти нормативно-технической доку­ментации на железных дорогах Германии является DB Systemtech-nik. Для разработки стандарта со­здается рабочая группа с участи­ем ведущих специалистов этого подразделения, представителей эксплуатирующих организаций концерна DB, научных центров и предприятий-изготовителей про­дукции. Согласование разрабо­танных стандартов осуществляется Федеральным ведомством желез­нодорожного транспорта (ЕВА).

Контрольные образцы (колес­ные лары с искусственными де­фектами и т.д.) централизованно изготавливаются и проходят пе­риодическую метрологическую аттестацию в испытательном цен­тре DB Systemtechnik. В качестве характерной особенности средств метрологического обеспечения следует отметить широкое рас­пространение контрольных об­разцов однократного применения, используемых для проверки ка­чества магнитной суспензии и пе-нетрантов.

Требования к организации и качеству подготовки персонала НК определены международным стандартом EN 473. Ответствен­ным за неразрушающий конт­роль на предприятиях является технический директор. Контроль качества проведения НК выполня­ет руководитель группы, имею­щий второй либо третий уровень и прошедший дополнительное обучение на специализированных курсах.

Дефектоскописты, как прави­ло, имеют первый уровень и при не-полнои занятости могут вы­полнять другие операции на ре­монтном участке. Сертификация персонала для предприятий DB не является обязательной при условии, что ответственный за НК имеет уро­вень квалификации не ниже второ­го по методам НК, применяемым на данном предприятии. Персонал, проводящий операции контроля, проходит начальную подготовку и периодическое (раз в 5 лет) повы­шение квалификации и ежегодную проверку состояния зрения (для операторов, осуществляющих ви­зуальный, магнитопорошковый и капиллярный контроль).

На железных дорогах Герма­нии подготовку дефектоскопистов осуществляют по единой про­грамме, но с разделением на НК рельсов и подвижного состава. Время подготовки специалиста по программе первого уровня составляет 40 ч. Для работы на автоматизированных установ­ках проводится дополнительное обучение.

Подготовка персонала по неразрушающему контролю на железных дорогах Франции осу­ществляется в дорожном учеб­ном центре в Руане. Годовая про­грамма обучения — 250 человек. Систему подготовки отличает уз­кая специализация по видам кон­троля и типам контролируемых деталей. Оператор готовится для конкретного технологического участка и операции, за счет этого сокращается время подготовки при обеспечении высокого качес­тва практических навыков обнару­жения дефектов. Так, обучение оператора ультразвукового конт­роля колесных пар первого уров­ня длится 12 дней, периодическое повышение квалификации — четы­ре дня. Последующее обучение на второй уровень занимает 12 дней. Для магнитопорошкового ме­тода соответственно четыре дня обучения на первый уровень, один день — повышение квалификации, семь дней для обучения на второй уровень. Для капиллярного мето­да — четыре дня на первый уро­вень, шесть дней на второй и один день — периодическое повышение квалификации.

**VII. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Контроль качества изделий методами неразрушающего контроля. М.Ф.Капустьян, В.А.Рыбник. ОмГУПС, Омск 2002, 27 c
2. Журнал “Железные дороги мира”-2003, № 9 стр.59-63
3. Журнал “Железнодорожник” 2007, № 3 стр. 73-76
4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Спра­вочник / Под ред. В. В. Клюева. М.: Машиностроение, 1986. 357 с.