

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**13/16/11**

**Одобрено кафедрой  
«Локомотивы  
и локомотивное хозяйство»**

**ДИАГНОСТИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБСЛУЖИВАНИЕ ЛОКОМОТИВОВ**

**Руководство к выполнению лабораторных работ  
для студентов V курса**

**специальности**

**190301 ЛОКОМОТИВЫ (Т)**



**Москва – 2006**

С о с т а в и т е л ь – канд. техн. наук, доц. В.Ф. Бухтеев

© **Российский государственный открытый технический университет путей сообщения, 2006**

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Дефектоскопия деталей подвижного состава железных дорог

В современных условиях успешное решение многих задач, стоящих перед экономикой страны связано с повышением качества и интенсификацией перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Это требует увеличения скоростей движения, повышения нагрузок на подвижной состав и элементы пути. В таких условиях и ответственных деталях подвижного состава (элементах колесных пар, буксовых узлах, дизеле, вспомогательном оборудовании) возникают дефекты усталостного происхождения, снижающие его надежность.

Наиболее распространенным типом дефекта в сильно нагруженных деталях подвижного состава являются трещины. Например, усталостные трещины появляются в осях колесных пар под ступицами напрессованных на них колес, под кольцами роликовых подшипников, в шейках коленчатого вала дизеля и т.п. Обеспечение безопасности движения за счет своевременного обнаружения дефектов усталостного происхождения (в том числе и заводских пороков) в различных элементах пути и подвижного состава является одной из актуальнейших задач на железнодорожном транспорте. Ее решение достигается за счет широкого использования при техническом обслуживании и ремонте подвижного состава современных физических неразрушающих методов контроля.

В настоящее время такие методы контроля находят широкое применение, как в России, так и за рубежом в самых различных сферах производства (в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте), в научных исследованиях. Перечень деталей, подлежащих дефектоскопии, а также сроки ее проведения установлены соответствующими правилами ремонта, инструкциями ОАО «РЖД» и указаниями Департамента локомотивного хозяйства ОАО «РЖД» по каждой серии тепловозов. При этом руководителям ремонтных заводов и локомотивных депо разрешается вводить (временно или постоянно) дефектоскопию тех или иных деталей, которые не указаны в правилах,

но у которых систематически наблюдается появление трещин.

Для обнаружения дефектов в деталях с помощью методов неразрушающего контроля применяют специальные приборы — дефектоскопы, которые позволяют не только установить, есть ли в изделии дефект или нет, но и определить форму, размеры дефекта и его местонахождения в детали.

На железнодорожном транспорте истоки дефектоскопии связаны с применением таких широко распространенных способов контроля, как визуальный осмотр, остукивание рельсов и колесных пар подвижного состава. Современная дефектоскопия, использующая совершенные физические методы обнаружения дефектов, приборный и механизированный контроль, возникла на железнодорожном транспорте нашей страны в 30-е годы XX в. В это время в вагонных депо начал внедряться разработанный во ВНИИЖТе магнитопорошковый дефектоскоп ДКМ (дефектоскоп Колесникова и Матвеева) для контроля колесных пар. Позднее были созданы и внедрены магнитные дефектоскопы для контроля различных деталей локомотивов и вагонов. В 40-х годах XX в. появились первые дефектоскопы для контроля рельсов; в 50-х годах XX в. были созданы скоростные магнитные вагоны-дефектоскопы для обнаружения усталостных поперечных трещин, возникающих в головке рельса. После разработки ультразвуковых дефектоскопов УРД-52, УЗД-55, УЗД-56, УРД-58 стали применяться ультразвуковые методы контроля рельсов и деталей подвижного состава. В 60-е годы XX в. дальнейшее развитие получили ультразвуковые и магнитные средства дефектоскопии на транспорте. Был разработан ультразвуковой дефектоскоп УЗД-64, созданы образцы механизированных и автоматизированных установок для дефектоскопирования деталей.

## **1.2. Краткая характеристика основных видов неразрушающего контроля**

В настоящее время в различных отраслях экономики нашей страны используют различные вида неразрушающего контро-

ля, которые согласно ГОСТ 18353-78 делятся на следующие виды: магнитный, акустический, капиллярный, оптический, радиационный, радиоволновый, тепловой, течеискание, электрический и др.

Применение этих видов контроля основано на взаимодействии контролируемой детали с электромагнитными и акустическими полями, проникающими частицами или веществами.

### 1.3. Магнитный неразрушающий контроль

Этот вид контроля основан на регистрации магнитных полей рассеивания, возникающих вокруг дефектов. Для этого применяют магнитные порошки и суспензии, ферромагнитные пленки, феррозонды, индукторы.

В магнитно-порошковой дефектоскопии используют специальный ферромагнитный порошок или ферромагнитную суспензию, которыми равномерно покрывают намагниченную деталь. Под действием магнитного поля мелкие частицы порошка и суспензии собираются вблизи дефекта и позволяют тем самым обнаружить дефект при визуальном осмотре контролируемой детали. Этот метод применяют для выявления поверхностных и неглубоких трещин, волосовин, флокенов и других дефектов в деталях из ферромагнитных металлов. Высокая чувствительность метода позволяет надежно обнаруживать весьма малые дефекты с шириной раскрытия свыше 1 мкм, глубиной более 10 мкм и протяженностью от 0,5 мм и выше при Обработке поверхности не ниже  $R_z-20$  и дифференциальной магнитной проницаемости  $\mu \geq 50$ .

Недостатки этого метода – низкая производительность контроля и трудность его автоматизации.

*Магнитографический метод* осуществляют наложением на поверхность намагниченной детали ферромагнитной пленки, на которой после проверки остается магнитный «отпечаток» полей изделия и дефектов. Этот отпечаток может «считываться» с помощью устройства с магнитными головками. Данный метод более, производителен и поддается автоматизации. С его

помощью хорошо выявляются протяженные дефекты (трещины, непровары, скопления шлаковых включений).

*Индукционный метод* использует приемную катушку индуктивности, перемещаемую относительно намагниченного объекта контроля. В катушке наводится электродвижущая сила, величина которой связана с характеристиками полей дефектов. Конструкция преобразовательной катушки в этом случае проще, чем конструкция феррозонда, но и чувствительность ее ниже. Этим способом выявляют плены, царапины, неметаллические включения, вкатанную окалину, расположенные вдоль прокатки. Дефекты глубиной более 10% толщина стенки выявляют при скорости движения 1,5 м/с. Такой метод, широко применяют в магнитных вагонах-дефектоскопах для скоростного контроля рельсов.

#### **1.4. Акустический неразрушающий контроль**

В основе ультразвуковой дефектоскопии лежит способность ультразвуковых колебаний (УЗК) распространяться в различных материалах в виде направленных пучков и отражаться на границах двух участков. Для дефектоскопии используют импульсный эхометод и метод звуковой тени, акустические методы: импедантный и свободных колебаний. Последние вводятся в контролируемый объект в импульсном или непрерывном режимах с помощью пьезоэлектрического искателя контактным способом (со смазкой) или же бесконтактным способом через воздушный зазор с помощью электромагнитного акустического датчика. Этим способом контролируют детали из любых материалов: черных и цветных металлов, пластмасс, резины, жидкостей, а также исследуют живые организмы. При этом выявляют плоские, объемные, линейные и точечные дефекты, несплошности и неоднородности в изделиях, а также измеряют толщину их стенок.

*Достоинствами* этого способа являются возможности контроля внутренних труднодоступных зон проверяемого объекта, а также автоматизация расшифровки результатов контроля.

*Основные недостатки* — необходимость «акустического кон-

такта» преобразователя с контролируемой деталью, а также трудности его применения для проверки деталей с грубыми неочищенными поверхностями и неоднородной структурой.

### **1.5. Капиллярный неразрушающий контроль**

Люминесцентный и цветной методы дефектоскопии основаны на явлении капиллярного проникновения хорошо смачивающей жидкости в трещины, поры и другие поверхностные несплошности. Эти методы являются развитием керосиновой пробы, издавна применяющейся на промышленных предприятиях. Люминесцентный метод отличается от керосиновой пробы тем, что дефектные полости заполняют жидкостью, способной светиться в ультрафиолетовых лучах.

В цветной дефектоскопии несплошности детали заполняют индикаторной жидкостью (пенетрантом). Для определения дефектов применяют быстросохнущую суспензию («проявляющую» жидкость) белого фона, которая, обладая высокими адсорбционными свойствами вытягивает индикаторную жидкость на поверхность контролируемой детали.

Этот вид контроля позволяет обнаружить трещины с минимальными размерами 1 мкм ширины, 10 мкм глубины и 100 мкм длины.

### **1.6. Неразрушающий контроль течеисканием**

Этот вид контроля основан на регистрации утечки специальных жидкостей или газов через сквозные дефекты контролируемой детали. При контроле этим методом целостность проверяемого объекта заполняют индикаторной жидкостью или газом (под определенным давлением). О наличии повреждения (трещин, раковин, непроваров, разгерметизации соединений и т.п.) судят при жидкостном методе по «потению» течи или изменению давления, при газовом методе – по образованию пузырьков газа на поверхности объекта, покрытого мыльным раствором или погруженным в жидкость.

Эффективность контроля этим методом повышается, если для проверки используют индикаторную жидкость или газ,

нагретые до температуры, при которой объект работает в эксплуатации. Например, контроль водяных секций радиатора холодильника, блока, цилиндрических крышек и втулок дизеля необходимо проводить водой, нагретой до 60 – 80°С.

Недостатком способа является то, что им нельзя выявить несквозные или плотно закупоренные загрязненные поверхности.

### **1.7. Сравнительная оценка наиболее распространенных методов выявления дефектов**

Анализ причин появления брака на ряде крупных машиностроительных заводов показывает, что при штамповке (рис. 1) характерными причинами брака являются разностенность, запрессовка окалины, раковины, риски, надрезы. Вместе с тем количество брака находится в прямой зависимости от качества поставленного металла. На этом же рисунке представлены характерные виды брака, возникающие из-за наличия дефектов исходного материала: плен, сетки пережога, песочины и др.

Анализ распределения видов брака по длине поковок (см. рис.1) показывает, что основной вид брака в этом случае приходится на трещины. Причиной появления трещин при термообработке могут быть механические надрезы.

Принятые в машиностроении методы не разрушающего контроля можно разделить на две группы. К *первой группе* методов, контроля поверхностных слоев относятся капиллярные, магнитные, электромагнитные и электроконтактные методы. Во *вторую группу* входят методы по выявлению внутренних дефектов: ультразвуковые и методы проникающих излучений.

Браковочные нормы при проведении контроля по всех случаях определяются, с одной, стороны, конструкторами и технологами; с другой стороны – статистическими данными по результатам эксплуатации и ресурсных испытаний контролируемого объекта. Критерием браковки являемся максимальный дефект, при наличии которого деталь еще признается годной, причем этот дефект должен уверенно выявляться применяемыми средствами контроля. Величина браковочного дефекта зависит от целого ряда факторов. Важную роль играют усло-



вия эксплуатации контролируемой детали. Естественно, что на деталях, подверженных одновременному действию различных нагрузок, например, механических и термических, трещины развиваются быстрее и, следовательно, критерий браковки в этом случае должен быть более жестким.

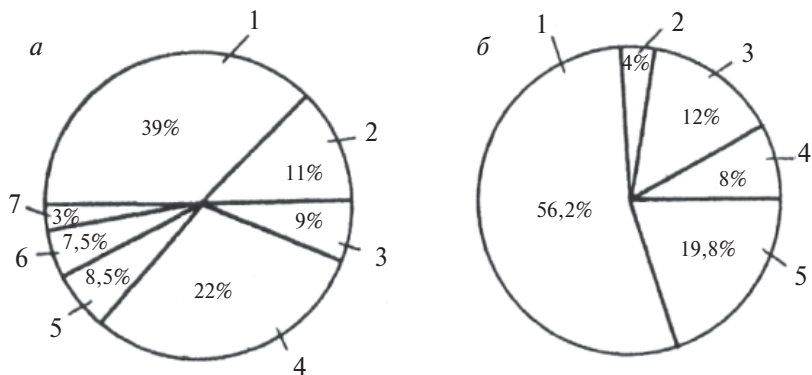


Рис.1. Диаграмма классификации видов брака:

*а – дефекты штамповки (1 – плены; 2 – песочницы; 3 – нарушения технологии; 4 – при механических испытаниях; 5 – закат металла; 6 – разностенность; 7 – пережог); б – распределение дефектов вдоль поковки (1 – трещины; 2 – тонкое дно; 3 – черновины; 4 – разностенность; 5 – короткие дефекты)*

Очевидно, что от верно выбранного браковочного признака в определенной степени будет зависеть эффективность проводимого контроля. При этом существенную роль играют средства дефектометрии под которыми понимают комплекс методик и средств, обеспечивающих определение местоположения, конфигурацию и границы распространения дефекта.

Развитие дефектометрии тесно связано с внедрением в дефектоскопию вычислительной техники и возможностью автоматизации процессов при выполнении неразрушающих методов контроля. Кроме повышения качества и надежности, автоматизация дает экономический эффект за счет значительного сокращения времени, затрачиваемого на контроль деталей.

## Лабораторная работа № 1

### Капиллярные методы контроля и визуальный осмотр деталей

*Цель работы.* Лабораторная работа предназначена для ознакомления с капиллярными методами дефектоскопии деталей подвижного состава железнодорожного транспорта.

#### 1. Основные сведения о капиллярных методах контроля

Капиллярную дефектоскопию (цветной и люминесцентный методы) применяют для контроля состояния деталей из магнитных и немагнитных материалов (цветных металлов, пластмасс, твердых сплавов), имеющих пороки, выходящие на поверхность.

##### *1.1. Метод цветной дефектоскопии*

Сущность метода цветной дефектоскопии основана на проникновении смачивающей индикаторной жидкости в поверхностные трещины и поры контролируемой детали под воздействием капиллярных сил с последующим «проявлением» этих жидкостей. Степень проникновения жидкостей в поверхностные дефекты зависит от смачиваемости материала этой жидкостью; а также от размеров этих дефектов.

Проверку детали данным способом выполняют следующим образом:

Деталь очищают от твердых и жидких загрязнений и смачивают индикаторной жидкостью (см. рис. 2). Жидкость 1 заполняет весь свободный объем поры или трещины. Остатки ее с поверхности контролируемой детали удаляют. Затем деталь покрывают пористой пленкой или мелкодисперсным порошком, чаще всего белого цвета (рис. 2, д).

Индикаторная жидкость выходит из трещин и пор контролируемой детали в более мелкие поры покрытия и слегка растекается в нем (рис. 2, е). На белом фоне проявителя возникает контур трещины красного или розового оттенка. Оптимальную толщину покрытия устанавливают экспериментальным путем.

В наиболее благоприятных условиях ширина контурной линии на белом фоне в 10 – 20, а иногда и в 80 – 100 раз больше ширины раскрытия трещины.

Наибольшее распространение в цветной дефектоскопии получили проникающая жидкость К (ТУ-6-10-750-74) и проявляющая краска М (ТУ-6-10-749-74). Жидкость К в сочетании с краской М позволяет выявить на хорошо подготовленных для контроля деталях трещины глубиной от 0,01 – 0,03 мм и с раскрытием от 0,001-0,002 мм и более.

В качестве очищающей жидкости широко используют смесь из 70% трансформаторного масла и 30% керосина, а также органические растворители.

Одной из наиболее ответственных операций, существенно влияющей на качество выполнения цветной дефектоскопии, является подготовка деталей к пропарке, заключающаяся в надежности очистки ее от жидких и твердых загрязнений. Поскольку наиболее часто детали и внутренние полости дефектов

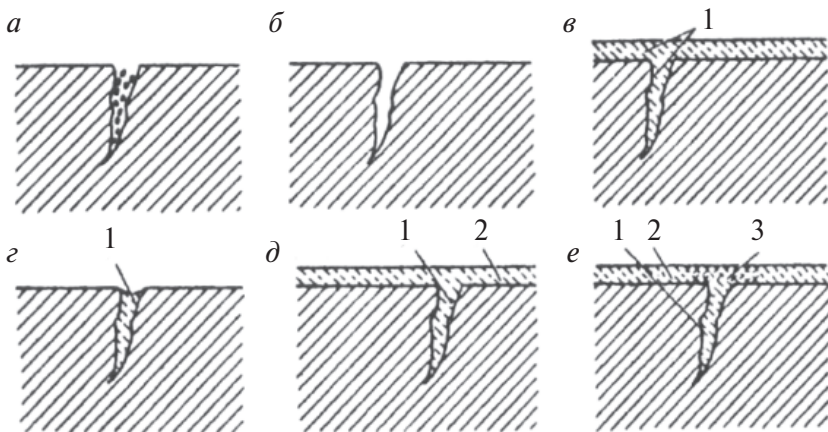


Рис. 2. Схема цветного метода контроля: а – трещина, заполняемая твердыми и жидкими веществами; б – очищаемая трещина; в – трещина заполненная проникающей жидкостью; г – проникающая жидкость с поверхности детали удалена; д – поверхность, покрытая проявляющей краской; е – проникающая жидкость вышла на поверхность краски; 1 – проникающая жидкость; 2 – проявляющая краска; 3 – пленка проявляющей краски, окрашенная проникающей жидкостью

загрязняются смазочными материалами, жирами, керосином и водой, промывка их органическими растворителями – наиболее распространенный способ подготовки к контролю. Так, детали, работавшие с минеральными маслами (коленчатые валы, поршни, другие детали тепловозов), в начале очищают авиационным бензином, а затем ацетоном.

После тщательной очистки и сушки, контролируемую поверхность детали 3 – 4 раза обильно покрывают красной проникающей жидкостью.

На сухую поверхность детали кисточкой или пульверизатором наносят тонкий слой белой проявляющей краски. Толщина наносимого слоя должна быть в пределах  $0,01 \div 0,02$  мм. При увеличении толщины слоя краски индикаторный рисунок дефектов среднего и большого размеров делается расплывчатым, а мелкие дефекты совсем не обнаруживаются. Проникающая краска должно высохнуть.

Поскольку поры в этом покрытии имеют меньшие размеры, чем ширина раскрытия трещин, то проникающая жидкость под действием капиллярных сил из трещин входит в эти поры. В результате на белом фоне покрытия над трещиной появляется красная или розового цвета линия, копирующая форму и размеры дефекта.

Контролируемую деталь осматривают дважды. Первый осмотр (через 3 – 5 мин после высыхания покрытия) позволяет обнаружить только усталостные трещины, раковины и поры. Второй осмотр (через 15 – 20 мин), необходимый для выявления мелких дефектов, осуществляется с помощью лупы с 5 – 10-кратным увеличением.

В качестве красящей жидкости-искателя может использоваться состав, приготовленный на основе керосина: 80% осветительного керосина, 15% трансформаторного масла, 5% скипидара и 10 г краски «Судан 3» на 1 л состава. Проявителем может служить спиртово-водная суспензия каолина или масла (на 1 л жидкости 60% гидролизного спирта, 40% воды, 400 г каолина или масла).

## 1.2. Люминесцентный метод контроля

Люминесцентный метод контроля основан на использовании свойств некоторых веществ и химических соединений (люминографов) излучать видимый свет под воздействием ультрафиолетового излучения.

Люминографами являются многие минеральные масла (трансформаторное, авиационное типов МК-22; МС-20 и др.), дизельное топливо, некоторые продукты переработки нефти (нориол), а также некоторые твердые синтетические вещества (люмогены, дефектоль золотисто-зеленый и др.). На железнодорожном транспорте для люминесцентного контроля применяют индикаторные жидкости трех составов: керосино-масляную смесь с эмульгатором, нориол с керосином И ЛЖ-6а.

Люминесцентный и цветной методы имеют практически одинаковую технологию применения, однако для осуществления первого из них требуется громоздкая, и сложная аппаратура ультрафиолетового освещения, а также необходимо хотя бы частичное затемнение при осмотре контролируемых деталей. В качестве люминесцентных дефектоскопов применяют приборы АД-4, АДА-3, а также установки КД-2П и ВД-20Л.

Осмотр деталей на наличие дефектов производят в затемненном помещении. Деталь с высохшим проявителем помещают в поток ультрафиолетового света, изучаемого ртутно-кварцевой лампой дефектоскопа. При попадании ультрафиолетовых лучей на участки проявителя, смоченные и «закрепленные» на детали индикаторной жидкостью, возникает их яркое свечение. На основании анализа индикаторного рисунка на поверхности детали оператор устанавливает наличие дефекта и отмечает его особенности.

Основным *достоинством* капиллярных методов контроля является их исключительная доступность и простота, как в приготовлении основных составляющих рабочих жидкостей, так и в осуществлении контроля. Кроме того, применяемый метод имеет преимущества по сравнению с магнитопорошковой и ультразвуковой дефектоскопией при контроле деталей, имеющих выступающие грани, внутренние острые углы, резь-

бу и др. Он не требует предварительной информации о характере развития трещины и позволяет проверять участки поверхности крупногабаритных деталей (рамы тележек и др.) без их разборки.

К *недостаткам* капиллярных методов относятся: необходимость тщательной очистки поверхности детали и внутренних полостей дефектов от загрязнений; отсутствие метода проверки качества очистки внутренних полостей дефектов; большая продолжительность контроля одиночной детали; невозможность выявления внутренних дефектов.

## 2. Технологическая оснастка

Для выполнения данной лабораторной работы необходимо иметь проникающую жидкость (искатель), проявляющую краску (или меловой раствор), лупу 5 – 10-кратного увеличения, деревянный молоток, ацетон или растворитель, пульверизатор или кисточки, контролируемые детали: вкладыши коленчатого вала дизеля.

## 3. Порядок выполнения работы

**Контроль состояния вкладышей.** *Определение внешних дефектов.* Внешние дефекты вкладышей повреждения поверхности баббитовой заливки, наклеп, потемнение тыльной части, забоины и риски на рабочей поверхности – определяют в результате визуального осмотра с применением лупы.

*Обнаружение скрытых дефектов.* Для отыскания скрытых дефектов вкладышей – трещин в теле и отставания баббитовой заливки от тела вкладыша, которые нельзя обнаружить визуальным осмотром, поступают следующим образом. Контролируемые вкладыши очищают в бензине Б70 и после сушки на открытом воздухе промывают в ацетоне. Промывкой ацетоном удаляют из трещин остатки бензина и смазки.

После тщательной очистки и сушки контролируемой поверхности вкладыша три раза обильно покрывают проникающей жидкостью. После каждого покрытия (исключая последнее)

жидкость должна высохнуть. Покрытие производят волосяными кисточками или валиками из губчатых материалов. Очистив с помощью ветоши поверхности вкладыша от остатков проникающей жидкости и просушив его, переходят к нанесению белой проявляющей краской (мелового раствора). Проявляющую краску наносят распылителем или мягкой волосяной кистью в один ровный слой.

После высыхания проявляющей краски вкладыш обстукивают деревянным молотком по тыльной части. Дребезжащий (или глухой) звук указывает на отставание от тела вкладыша баббитовой заливки.

Контролируемый вкладыш осматривают дважды. П е р в ы й о с м о т р (через 3 – 5 мин после высыхания покрытия) позволяет обнаружить глубокие трещины, Раковины, которые выявляются на поверхности в виде четких, иногда прерывистых красных или розового цвета извилистых или прямых линий, а также в виде отдельных красных точек или пятен. В т о р о й о с м о т р (через 15 – 20 мин) позволяет выявить более мелкие дефекты и осуществляется с помощью лупы. Белую проявляющую краску удаляют с поверхности вкладыша после его проверки ветошью, смоченной ацетоном или растворителем 646.

Обнаруженные в результате визуального осмотра и цветной дефектоскопии повреждения у каждого вкладыша отмечают в карте контроля журнала лабораторных работ и сравнивают с допустимыми дефектами, регламентированными Правилами ремонта. После этого делают заключение о возможности дальнейшей эксплуатации каждого из проверяемых вкладышей.

## **Лабораторная работа № 2**

### **Магнитная дефектоскопия деталей**

*Цель работы.* Ознакомление с особенностями магнитного метода контроля применяемыми на ремонтных заводах и в локомотивных депо средствами дефектоскопии, а также приобретение практических навыков работы с ними при проверке деталей тепловозов.

## 1. Основные сведения о методах магнитного контроля

Магнитные методы контроля основаны на принципе регистрации местного изменения магнитной проницаемости и характера распределения магнитного потока в материалах контролируемой детали, обусловленных дефектом.

Согласно ГОСТу различают несколько методов магнитной дефектоскопии, основными из которых являются: магнитно-порошковый, индукционный, магнитографический и др.

### *1.1. Магнитнопорошковый метод*

Самым распространенным из магнитных методов обнаружения дефектов, связанных с нарушением сплошности металла контролируемой детали является магнитнопорошковый. Данный метод применим только для контроля деталей из ферромагнитных материалов.

Известно, что в однородной стальной детали, помещенной в магнитное поле, магнитные силовые линии распределяются параллельно одна другой. Если однородность детали нарушена каким-либо дефектом (например, раковинной, поперечной поверхностной трещиной), то часть магнитных линий, встречая в этих местах большое магнитное сопротивление, будет стремиться обогнуть их, выйти за пределы поверхности детали, образуя так называемые поля рассеивания магнитного потока. Таким образом, на краях трещины, где магнитные силовые линии потока рассеивания выходят наружу и затем входят в деталь, возникают местные магнитные полюса, а над дефектом образуется магнитное поле (рис. 3).

Поперечные трещины 1 (см. рис. 3) вызывают наибольшее изменение направления силовых линий, так как они представляют наибольшее препятствие для прохождения магнитного потока. Раковины 2 и инородное включение 3, которые залегают неглубоко от поверхности, также могут вызвать внешний поток рассеивания. Влияние продольной плены 4 на распределение силовых линий будет незначительным, и определять ее в продольном магнитном поле окажется невозможным.

Для обнаружения магнитных полей над дефектом, на кон-



тролируемый участок проверяемой детали наносят мельчайшие ферромагнитные частички, которые находятся во взвешенном состоянии в жидкости (масло, керосине), или в воздухе. Ферромагнитные частицы под действием неоднородного магнитного поля перемещаются по поверхности детали в места с наибольшей концентрацией магнитных силовых линий, т.е. к дефекту. Намагничиваясь, притягиваясь, друг к другу, они накапливаются над дефектом в виде полосок, валиков или жилок (см. рис. 3).

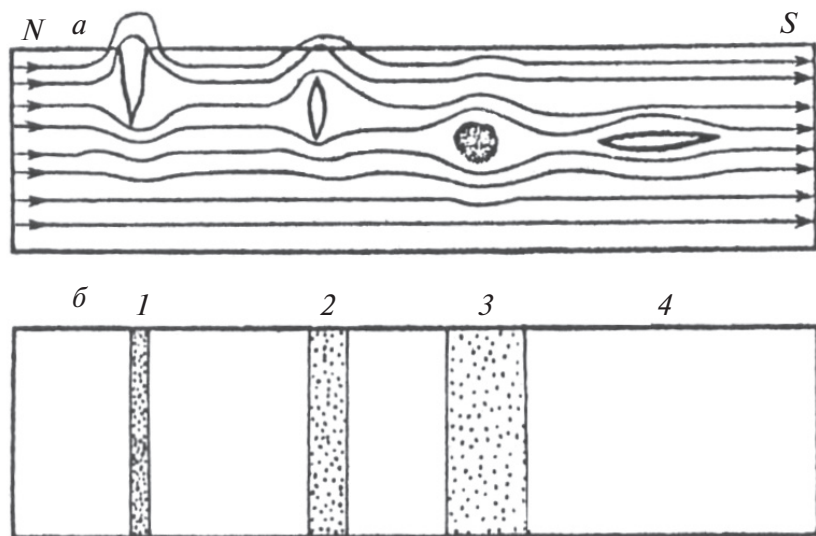


Рис. 3. Расположение магнитных силовых линий вблизи дефекта (а) и вид скоплений ферромагнитного порошка (б)

Ширина образовавшейся на поверхности детали полоски из осевшего ферромагнитного порошка значительно шире дефекта (трещины или волосовины).

Магнитнопорошковый метод позволяет выявлять трещины с шириной раскрытия не менее 0,001 мм и глубиной от 0,01 мм и более.

Наибольшая чувствительность этого способа достигается

на горизонтальной поверхности. Способ магнитных порошков, в основном, применяет при контроле деталей с необработанными или грубо обработанными поверхностями. Для проверки деталей подвижного состава чаще всего попользуют порошки двух типов П26ВМ и П53М, которые на 90 – 95% состоят из частиц чистого железа размером 50 – 75 мкм в поперечнике.

При проверке деталей с гладко обработанной поверхностью применяют способ жидкой магнитной смеси. В качестве жидкой среды в магнитных суспензиях применяют жидкие масла: трансформаторное, ТК-8, РМ, а также керосин. Обычно для обнаружения поверхностных трещин на 1 л каждой основы берут около 200 г порошка ПЖ6ВМ.

Для контроля деталей с темной поверхностью применяют окрашенные порошки или проводят осветление контролируемой поверхности нанесением слоя белой нитроэмали толщиной 3÷5 мкм.

### *1.2. Способы намагничивания деталей*

Для создания направленного магнитного потока в деталях используют продольный (полюсный) и циркулярный, способы намагничивания (рис. 4).

Различают два способа циркулярного намагничивания: *внутренним полем*, когда круговое магнитное поле создается током, проходящим через деталь; *внешним полем*, при котором магнитное поле создается током, проходящим через стержень, расположенный внутри полой детали. Для создания мощного магнитного поля применяют как переменный, так и постоянный ток в несколько тысяч ампер. Циркулярное намагничивание применяют для определения продольных дефектов.

При полюсном намагничивании деталь помещают между полюсами электромагнита или вводят в соленоид, по которому пропускают электрический ток. Этот способ намагничивания позволяет выявлять преимущественно поперечные дефекты.

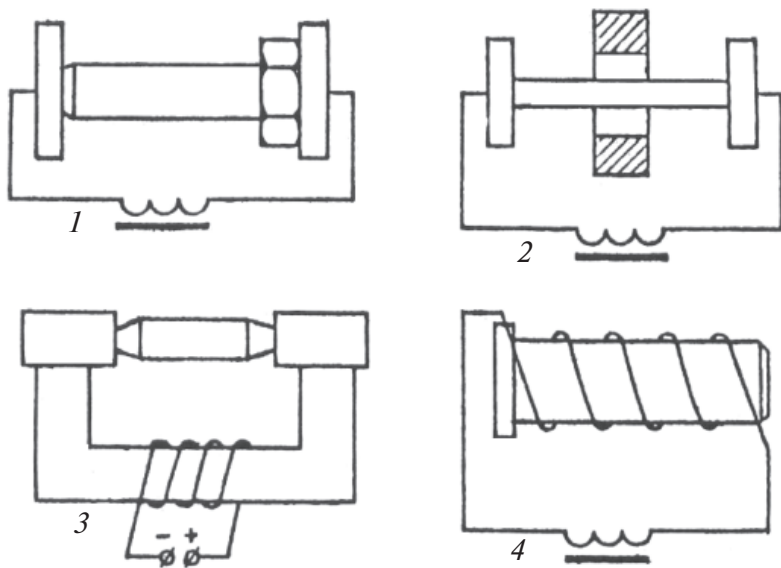


Рис. 4. Циркулярное (1,2) и полюсное (3,4) намагничивание деталей

### 1.3. Способы магнитного контроля деталей

В зависимости от магнитных свойств металла контролируемой детали могут быть применены два способа ее проверки: *способ приложенного магнитного поля*, когда нанесение магнитного порошка или суспензии и осмотр детали выполняется непосредственно во время ее намагничивания; *способ остаточной намагниченности*, при котором контролируемую деталь предварительно намагничивают, а затем после снятия намагничивающего поля на ее поверхности наносят магнитную суспензию.

Первый способ наиболее целесообразен для проверки деталей из сталей с низким содержанием углерода, а также в тех случаях, когда мощность дефектоскопов не позволяет намагничивать всю деталь вследствие ее больших размеров и достаточно сложной формы; или обнаруживаемые дефекты скрыты под слоем немагнитного покрытия (например, под слоем краски), толщиной более 30 мкм.

Контроль по остаточной намагниченности применяется для деталей, изготовленных из термически обработанных конструкционных сталей. Большинство деталей подвижного состава дефектоскопируют методом магнитного порошка при продольном намагничивании в приложенном магнитном поле.

#### *1.4. Размагничивание деталей*

Намагниченные детали после магнитнопорошкового контроля могут длительное время притягивать к себе стальные опилки и частицы, которые особенно опасны для трущихся деталей подшипниковых узлов, зубчатых передач и могут привести их к преждевременному выходу из строя. Поэтому детали, подвергнутые магнитному контролю, для устранения остаточного магнетизма размагничивают.

Сущность размагничивания заключается в том, что деталь циклически перемагничивается магнитным полем, напряженность которого периодически изменяется по направлению и уменьшается по амплитуде от некоторого значения до нуля. Одним из простейших способов размагничивания является способ, когда деталь вносят в катушку соленоида, питаемую переменным током, а затем постепенно удаляют ее (или соленоид от детали) на расстояние  $0,5 \div 1,0$  м.

Крупногабаритные детали (коленчатые валы, оси и т.п.) размагничивают отдельными участками с помощью кабеля, который наматывают на плохо размагничивающиеся части детали.

Качество размагничивания проверяется с помощью компаса (по отклонению его стрелки) или специальными приборами типов ФП-IV, ПКР-1. МФ-20Ф.

Полностью размагниченная деталь не должна притягивать к своей поверхности частицы из стали марки Ст 3 размерами от  $0,3 \times 0,3$  до  $0,4 \times 0,4$  мм.

#### *1.5. Дефектоскоп для контроля деталей магнитным методом*

Для выявления опасных усталостных трещин деталей подвижного состава на заводах и в депо широко применяют пере-

носные дефектоскопы ДКМ-1Б, ДГЭ, ДГС-М, ДП, ДГЗ и стационарные дефектоскопы ДГН и ОД-1, которые представляют собой соленоиды с обычными обмотками или обмотками седлообразной формы, разъемные соленоиды и электромагниты.

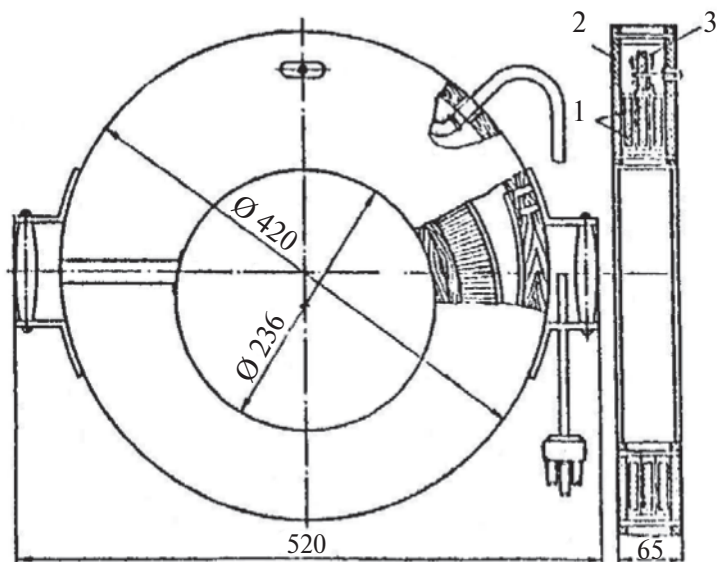


Рис. 5. Дефектоскоп ДГЭ:  
1 – катушка; 2 – корпус; 3 – сердечник

Дефектоскопы переменного тока переносные ДГЭ и ДГС-М и настольный ДГН относятся к числу соленоидных приборов, отличающихся друг от друга конструктивным оформлением (рис. 5, 6). Общее для дефектоскопов этих типов – осуществление контроля деталей при действующем (приложенном) магнитном поле, т.е. при включенном дефектоскопе. При этом исследуемая деталь может охватываться намагничивающей катушкой полностью (ДГЭ, ДГН) или частично (ДГС). Основными конструктивными элементами каждого из указанных дефектоскопов являются: корпус, намагничивающая

катушка, состоящая из двух или более изолированных друг от друга секций; стальной сердечник, служащий магнитопроводом. Присоединение дефектоскопа к сети и заземление осуществляют трехжильным кабелем.

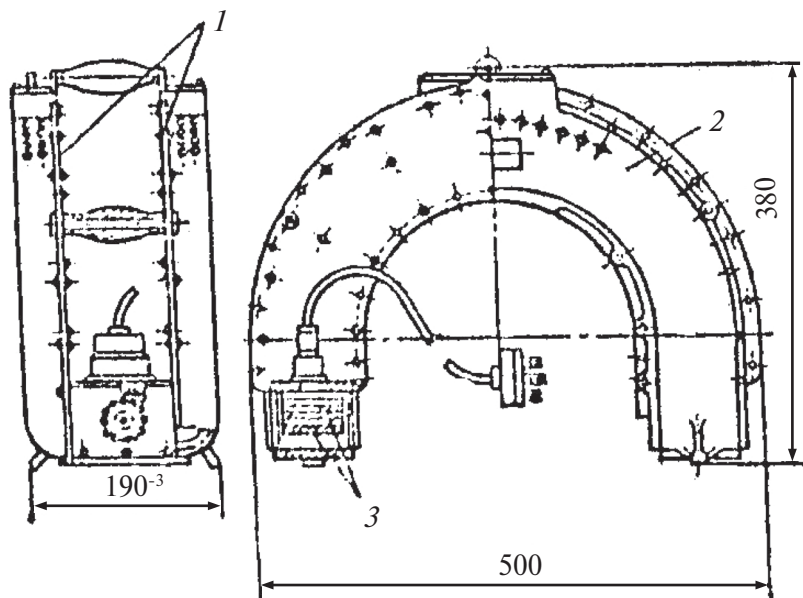


Рис. 6. Дефектоскоп ДГС-М:  
1 – сердечник; 2 – корпус; 3 – катушка

Дефектоскоп ДГЭ (см. рис. 5) служит для проверки деталей диаметром до 235 мм (наружных шеек колесных пар, валов электродвигателей и генераторов). Зона полезного действия этого прибора составляет не более 230 мм.

Дефектоскоп ДГС-М (см. рис. 6) предназначен для проверки внутренних шеек и средней части осей локомотивных колесных пар, бандажей и других деталей, которые не могут быть проверены крупными съемными дефектоскопами. Его можно наложить на деталь диаметром до 270 мм. Рабочая зона дефектоскопа составляет 120 мм по обеим его сторонам. Де-

фектоскоп ДГН позволяет проверять более мелкие детали диаметром до 80 мм, а зона его действия 125 – 160 мм.

## **2. Технологическое оборудование и материалы**

Для выполнения данной лабораторной работы необходимы: магнитные дефектоскопы типов ДНГ и ДГС с контрольными элементами и магнитной смесью; мегомметр типа М1101, напряжением в разомкнутой цепи 500 В; контролируемые детали: клапан, вал, болты, кольца.

## **3. Порядок выполнения работы**

Технологический процесс контроля деталей магнитный дефектоскопом в приложенном магнитном поле состоит из следующих операций: подготовка детали к контролю; подготовка дефектоскопа к работе, проверка контролируемой детали с помощью дефектоскопа, размагничивание детали.

Эти операции проводят в следующем порядке.

Подготовка детали к магнитному контролю заключается в очистке ее поверхности до металлического блеска от смазки, пыли, краски, коррозии, окалины и т.д. Наиболее совершенным способом очистки является обработка деталей в специальных моечных машинах. Можно очищать детали ручным способом с помощью жестких волосяных щеток, неметаллических скребков и растворителей (керосина, ацетона и др.).

При подготовке дефектоскопа к работе в начале проверяют с помощью мегомметра надежность заземления металлических частей дефектоскопа и состояние изоляции токоведущих частей. При контроле надежности заземления провод от зажима «линия» мегомметра подсоединяют к среднему удлиненному штырю вилки трехжильного кабеля, а от зажима «земля» — к металлической части корпуса дефектоскопа. Сопротивление изоляции токоведущих частей дефектоскопа относительно его корпуса должно быть не менее 2 МОм, а заземленных частей — равно нулю.

Затем с помощью контрольного эталона проверяют качество выявления дефекта дефектоскопом. По четкости про-

явления трещин на эталоне судят об исправном действии дефектоскопа и качестве магнитной смеси (искателя).

В процессе контроля деталей для выявления поперечных трещин или трещин, расположенных с большим наклоном, дефектоскоп над контролируемой поверхностью располагают таким образом, чтобы обеспечить продольное намагничивание детали и особенно мест, наиболее подверженных образованию трещин (галтелей, углов прямоугольных рамок, шпоночных гнезд, отверстий и т.п.). Чтобы обеспечить свободное стекание магнитной смеси с поверхности детали в ванну, ее устанавливают под некотором углом к горизонту. Нужно иметь в виду, что проверяемый участок детали 2 должен находиться в зоне полезного действия дефектоскопа (рис. 7). У дефектоскопов ДГН и ДГЭ напряженность магнитного поля со стороны, противоположной сердечнику, на 30÷40% выше, чем со стороны сердечника 1, через которой замыкается часть магнитных линий. Поэтому дефектоскоп располагают так, чтобы проверяемый участок находился со стороны катушки (со стороны текстолитовой крышки).

Во время проверки детали магнитную смесь периодически тщательно перемешивают, осмотр контролируемой поверхности осуществляют при включенном дефектоскопе. В случае скопления на каком-либо участке поверхности детали магнитного порошка в виде характерной темной жилки, указывающей на наличие трещины, это место следует обтереть и вновь проверить более внимательно. Дефектное место очерчивается мелом. При проверке крупных деталей (валов, шеек осей колесных пар) магнитную смесь наносят при каждом повороте детали на 120°.

Для размагничивания проверенной детали находящиеся на ней дефектоскоп во включенном состоянии медленно снимают с детали и удаляют от нее на расстояние до 1 м. Полностью размагниченная деталь не должна притягивать стальную пластину или опилки.



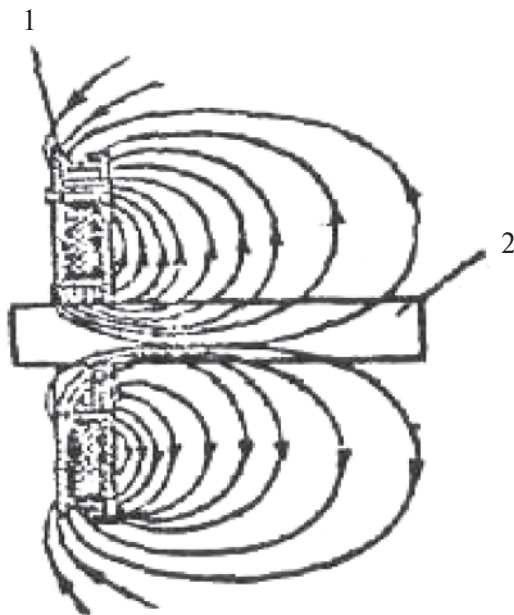


Рис. 7. Схема напряженности магнитного поля дефектоскопа ДГМ

Результаты магнитного контроля деталей заносят в журнал для лабораторных работ и сравнивают с требованиями Правил ремонта.

#### **4. Отчет по работе**

Отчет по работе должен содержать.

1. Краткие сведения о магнитных методах контроля.
2. Краткое описание методики определения дефектов в контролируемых во время лабораторной работы деталях.
3. Эскизы детали и месторасположения в них дефектов.
4. Краткие выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основан метод магнитного контроля?
2. Особенности магнитопорошкового метода контроля.
3. Какие существуют способы проведения магнитопорошкового контроля?
4. Способы намагничивания контролируемых деталей.
5. Сущность и способы размагничивания деталей после магнитного контроля.
6. Преимущества и недостатки магнитного метода.
7. Какой величины дефекты можно выявить магнитопорошковым методом?
8. Средства контроля и технология применения магнитопорошковой дефектоскопии.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Газизова Г.Г., Косарев Л.Н., Олефиренко Н.И. и др. Инструкция по неразрушающему контролю деталей и узлов локомотивов и моторвагонного подвижного состава – М.: Техинформ, 2001. – 127 с.
2. Ильин В.А., Кожевников Г.И. и др. Дефектоскопия деталей подвижного состава железных дорог и метрополитенов. – М.: Транспорт, 1983. – 315 с.
3. Щербинский В.Г., Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль сварных соединений. – М.: Стройиздат, 1989. – 320 с.
4. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. – М.: Высшая школа, 1991. – 271 с.
5. Ильин В.А., Карпов Л.А., Косарев Л.Н. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава ж.д.: Уч. пос., Ч 1. – М.: РАПС, 1997. – 24 с.

ДИАГНОСТИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБСЛУЖИВАНИЕ ЛОКОМОТИВОВ

Руководство к выполнению лабораторных работ

Редактор *Д.Н.Тихоныхчев*  
Корректор *В.В.Игнатова*  
Компьютерная верстка *А.Ю.Байкова*

---

Тип. зак.	Изд. зак.143	Тираж 400 экз.
Подписано в печать 12.01.07	Гарнитура NewtonC	Офсет
Усл. печ. л. 1.75		Формат 60×90 <sup>1/16</sup>

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2