

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СОВРЕМЕННОМ ВАГОНОСТРОЕНИИ

Проведен анализ системы неразрушающего контроля. Рассмотрены акустические, радиационные, магнитные, капиллярные и вихретоковые неразрушающие методы контроля. Раскрыта физическая сущность различных методов НК.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, подвижный состав.

Вступление. Железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы стран СНГ. Ежегодно железнодорожная отрасль Украины обеспечивает перевозку более 300 млн. т. груза и около 500 млн. пассажиров.

Постановка проблемы. Актуальной задачей сегодня является поддержание на высоком уровне технического состояния средств эксплуатируемой железнодорожной техники, а также создание новых единиц подвижного состава с повышенными требованиями к качеству и надежности.

Обзор последних источников исследований и публикаций. Неразрушающий контроль (НК) – это метод контроля, при котором не нарушается пригодность объекта к применению. Значение НК при изготовлении современного подвижного состава железных дорог (ПСЖД) переоценить трудно, так как методы и средства НК позволяют проводить тотальный контроль качества ответственных деталей и узлов подвижного состава [1-4].

Формулировка цели. Целью настоящей работы является проведение анализа системы неразрушающего контроля.

Изложение основного материала. По виду контролируемых параметров элементов и систем основные методы НК подразделяется на:

- НК геометрических размеров объекта;
- НК структуры и физико-механических свойств материалов и изделий;
- НК объектов на отсутствие нарушений сплошности (дефектоскопия).

Классификация методов НК которые используются для контроля элементов и систем по виду применяемых физических явлений представлена в табл. 1.

Таблица 1. Классификация методов НК по виду применяемых физических явлений

Метод НК	Сущность метода
Акустический НК [2, 3]	Метод основан на применении упругих колебаний и волн, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. При проведении контроля в ультразвуковом диапазоне частот акустических колебаний, контроль называют ультразвуковым
Радиационный НК [4]	Метод основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом
Магнитный НК [5]	Метод основан на использовании магнитных свойств контролируемого объекта
Вихретоковый НК [6]	Метод основан на анализе внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля
Капиллярный НК [7]	Метод основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя

Из представленных в табл. 1. методов НК капиллярный метод контроля предназначен для выявления поверхностных нарушений сплошности; вихрековый и магнитный – поверхностных и расположенных на небольшой глубине (подповерхностных) нарушений сплошности; ультразвуковой и радиационный – внутренних, поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности.

Акустические методы контроля среди других методов НК занимают очень важное место и весьма интенсивно развиваются в настоящее время. Известно много акустических методов неразрушающего контроля, некоторые из которых применяются в нескольких вариантах.

Акустические методы делят на две большие группы: использующие излучение и прием акустических колебаний и волн (активные методы) и основанные только на приеме колебаний и волн (пассивные методы).

Активные методы делят на методы прохождения, отражения, комбинированные (использующие как прохождение, так и отражение), импедансные и методы собственных частот.

Методы прохождения используют излучающие и приемные преобразователи, расположенные по разные стороны или по одну стороны контролируемого изделия. Применяют импульсное или (реже) непрерывное излучение и анализируют сигнал, прошедший через контролируемый объект.

В методах отражения используют как один, так и два преобразователя; применяют импульсное излучение.

В комбинированных методах используют принципы, как прохождения, так и отражения акустических волн.

Различают интегральные и локальные методы. В интегральных методах анализируют собственные частоты изделия, колеблющегося как единое целое, в локальных – колебание отдельных его участков.

Импедансные методы используют зависимость импедансов изделий при их упругих колебаниях от параметров этих изделий и наличия в них несплошностей.

Пассивные акустические методы основаны на анализе упругих колебаний волн, возникающих в самом контролируемом объекте.

При дефектоскопии элементов и систем наибольшее распространение получил ультразвуковой импульсный эхо-метод, который относится в активным акустическим методам отражения. Ультразвуковой импульсный эхо-метод основан на регистрации эхосигналов отраженных от несплошности в объекте контроля.

Ультразвуковым импульсным эхо-методом контролируются такие детали и узлы ПСЖД, как: оси, колеса, колесные центры, бандажи колесных пар, ведущие и ведомые зубчатые колеса тягового редуктора, сварные соединения экипажной части локомотива и др.

Радиационные методы НК получили широкое применение при выявлении внутренних несплошностей металла. Радиационными методами хорошо выявляются такие дефекты металлов и сварных швов как поры, раковины, непровары, шлаковые включения и др., имеющие объемный характер. Это обусловило преимущественное применение этих методов для контроля литья и сварных соединений.

При радиационном контроле применяют такие виды проникающего ионизирующего излучения, как: рентгеновское излучение (источники: рентгеновские аппараты, ускорители, радионуклидные источники β -излучения с мишенью), гамма-излучение (радионуклидные источники излучения), нейтронное излучение (источники: ускорители нейтронов, радионуклидные источники излучения).

Методы радиационного контроля различаются способами детектирования дефектоскопической информации и, соответственно, делятся на радиографические, радиоскопические и радиометрические.

Радиографические методы радиационного НК основаны на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или запись этого изображения на запоминающее устройство с последующим преобразованием в световое изображение. На практике этот метод наиболее распространен в связи с его простотой и документальным подтверждением получаемых результатов.

Радиоскопический контроль (радиационная интроскопия) – метод радиационного НК, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в световое изображение на выходном экране радиационно-оптического преобразователя, причем анализ полученного изображения проводится в процессе контроля.

Чувствительность этого метода несколько меньше, чем радиографии, но его преимуществами являются повышенная достоверность получаемых результатов благодаря возможности стереоскопического видения несплошностей и рассмотрение изделий под разными углами, «экспрессность» и непрерывность контроля.

Радиометрическая дефектоскопия – метод получения информации о внутреннем состоянии контролируемого изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением, в виде электрических сигналов (различной величины, длительности или количества).

Этот метод обеспечивает наибольшие возможности автоматизации процесса контроля и осуществления автоматической обратной связи контроля и технологического процесса изготовления изделия. Преимуществом метода является возможность проведения непрерывного высокопроизводительного контроля качества изделия, обусловленная высоким быстродействием применяемой аппаратуры.

Магнитные методы НК применяют в основном для контроля изделий из ферромагнитных материалов, т.е. материалов, которые способны существенно изменять свои магнитные характеристики под воздействием внешнего (намагничивающего) магнитного поля.

Операция намагничивания (помещения объекта контроля в магнитное поле) при этом виде контроля является обязательной. Съём информации может быть осуществлен с полного сечения образца (изделия) либо с ее поверхности.

В зависимости от конкретных задач неразрушающего контроля, марки контролируемого материала, требуемой производительности метода могут использоваться различные информативные параметры. К числу наиболее распространенных относятся следующие информативные параметры: коэрцитивная сила, намагничённость, индукция (остаточная индукция), магнитная проницаемость, напряжённость магнитного поля, эффект Баркгаузена.

По способу получения первичной информации различают следующие методы магнитного вида неразрушающего контроля: магнитопорошковый метод; магнитографический метод; феррозондовый метод; метод, основанный на эффекте Холла; индукционный метод; пондеромоторный метод; магниторезисторный метод. С помощью этих методов можно осуществлять контроль сплошности изделий, контроль структуры и физико-механических свойств, контроль геометрических размеров.

Из выше перечисленных методов только магнитопорошковый требует обязательного участия в контрольных операциях человека, остальные методы позволяют получать первичную информацию в виде электрических сигналов, что делает возможным полную автоматизацию процесса контроля. Магнитопорошковый и магнитографический методы являются контактными, т.е. требуют соприкосновения преобразователя (магнитный порошок или магнитная лента) с поверхностью объекта контроля, при осуществлении контроля остальными методами съём информации осуществляется бесконтактно (хотя и на достаточно близких расстояниях от поверхности).

С помощью магнитных методов могут быть выявлены закалочные и шлифовочные трещины, волосовины, закаты, усталостные трещины и другие поверхностные нарушения сплошности шириной раскрытия несколько микрометров.

Наибольшее распространение для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов типа нарушений сплошности промышленной продукции получил магнитопорошко-

вый метод, несмотря на недостатки (контактность метода, обязательное участие оператора). Распространение метод получил благодаря своей надежности, сравнительной дешевизне и простоте аппаратуры, наглядности и др. Магнитопорошковый метод магнитного НК основан на использовании в качестве индикатора магнитного порошка.

При изготовлении магнитопорошковым методом для выявления поверхностных и подповерхностных несплошностей контролируются такие детали и узлы, как: оси, колеса, колесные центры, бандажи колесных пар, ведущие и ведомые зубчатые колеса тягового редуктора, сварные соединения рам-тележек, крепежные приспособления и др.

Вихретоковые методы (ВТМ) НК основаны на анализе внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Плотность вихревых токов в объекте зависит от геометрических и электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного расположения измерительного *вихретокового преобразователя* (ВТП) и объекта. В качестве преобразователя используют обычно индуктивные катушки (одну или несколько). Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них ЭДС или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на зажимах катушки или ее сопротивление, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно его.

Особенность вихревого контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта контроля. Их взаимодействие происходит обычно на расстояниях достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметра до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов.

Простота конструкции преобразователя – еще одно преимущество ВТМ. В большинстве случаев катушки помещают в предохранительный корпус и заливают компаундами. Благодаря этому они устойчивы к механическим и атмосферным воздействиям, могут работать в агрессивных средах в широком интервале температур и давлений. Небольшие размеры преобразователя позволяют контролировать изделия сложной формы.

Вихретоковый НК получил наибольшее распространение при контроле изделий из электропроводящих ферромагнитных материалов. При контроле изделий из ферромагнитных материалов применяют дополнительные устройства намагничивания объекта контроля, для исключения влияния изменения магнитной проницаемости в объекте контроля на наводимую ЭДС в приемной катушке ВТП.

ВТМ контролируются такие элементы, как: зона прижимного бурта бандажа колесной пары локомотива, лопатки моторвентилятора тепловоза и др.

Капиллярные методы НК предназначены для обнаружения невидимых или слабо-видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов типа нарушения сплошности в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности.

Этот вид НК позволяет диагностировать объекты любых размеров и форм, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов.

Основные капиллярные методы контроля подразделяют в зависимости от типа проникающего вещества на следующие:

метод проникающих растворов – жидкостный метод капиллярного неразрушающего контроля, основанный на использовании в качестве проникающего вещества жидкого индикаторного раствора;

метод фильтрующих суспензий – жидкостный метод капиллярного неразрушающего контроля, основанный на использовании в качестве жидкого проникающего пенетранта ин-

дикаторной суспензии, которая образует индикаторный рисунок из отфильтрованных частиц дисперсной фазы.

Капиллярные методы в зависимости от способа выявления индикаторного рисунка подразделяют на:

люминесцентный, основанный на регистрации контраста люминесцирующего в длинноволновом ультрафиолетовом излучении видимого индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля;

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

люминесцентно-цветной, основанный на регистрации контраста цветного или люминесцирующего индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля в видимом или длинноволновом ультрафиолетовом излучении;

яркостный, основанный на регистрации контраста в видимом излучении ахроматического рисунка на фоне поверхности объекта контроля.

Капиллярные методы применяются при контроле таких элементов, как: крышки радиаторных секций тепловозов, ответственные элементы и системы, выполненные из цветных металлов и нержавеющей сталей и др.

Комплексное применение методов НК. Объективный анализ применения различных методов НК привел к признанию целесообразности применения комплексных систем контроля, которые используют разные по физической природе методы исследования, что, в свою очередь, позволяет исключить недостатки одного метода, взаимодополнить методы и тем самым реализовать принцип «избыточности» для повышения надежности и достоверности контроля элементов и систем ПСЖД.

Комплексное применение методов НК для диагностики и обнаружение дефектов в агрегатах и системах имеет целью повышение эффективности и достоверности контроля. Решение этой задачи состоит в оптимальном сочетании различных методов НК, применение которых наиболее эффективно при контроле различных элементов и систем ПСЖД.

Рациональное использование комплекса неразрушающих методов контроля позволяет в некоторых случаях увеличить его эффективность. При этом понятие комплексности не ограничивается только сочетанием методов НК с целью дублирования результатов контроля. Под комплексным контролем подразумевают рациональное сочетание различных неразрушающих методов, которые могут и должны обеспечивать достоверную оценку качества изделия в целом.

Выводы. В работе был проведен анализ системы НК. Рассмотрены акустические, радиационные, магнитные, капиллярные и вихретоковые неразрушающие методы контроля. Раскрыта физическая сущность различных методов НК. Показана сфера применения различных методов НК, их достоинства и недостатки. Приведены примеры элементов и систем, которые контролируются различными методами НК. Рассмотрена эффективность комплексного применения различных методов НК.

Литература

1. *Современное вагоностроение: Монография. Т 2. Неразрушающий контроль и техническая диагностика. Подготовка поверхности и окраска вагонов / [Цыган Б.Г., Цыган А.Б., Мокроусов С.Д., Щербаков В.П.] – Кременчуг: ООО «Кременчугская городская типография», 2010. – 532 с.*

2. *ГОСТ 20415-82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения. Введ. 01.07.1983г. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 4с.*

3. *ДСТУ EN 571-1-2001. Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. 2.1. Загальні вимоги. Введ. 28.12.2001р. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 9с.*

4. *Клюев В.В., Соснин Ф.Е. Теория и практика радиационного контроля. / М.: Машиностроение, 1997. – 170с.*

5. ГОСТ 24450-80. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 4с.

6. ГОСТ 24289-80. Контроль неразрушающий вихретоковый. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 14с.

7. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 17с.

© М.О. Морнева

УДК 629.4.027

М.О. Морнева, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ СИСТЕМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В СУЧАСНОМУ ВАГОНОБУДУВАННІ

Проведено аналіз системи неруйнівного контролю. Розглянуто акустичні, радіаційні, магнітні, капілярні і вихореструміві неруйнівні методи контролю. Розкрито фізична сутність різних методів НК.

Ключові слова: *неруйнівний контроль, дефектоскопія, рухомий склад.*

UDK 629.4.027

M.O.Morneva, Ph.D.

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

ANALYSIS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING IN MODERN RAILCAR

The analysis of non-destructive testing. We consider acoustic-cal, radiation, magnetic, capillary, and eddy current non-destructive inspection methods. Revealed the physical nature of the various NDT methods.

Keywords: *non-destructive testing, inspection, rolling stock.*