

УДК 621.771.63

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Листопад А.И., аспирантка

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко)

*Проведен сравнительный анализ существующих методов оценки качества изделий из металлов и сплавов. Изучены недостатки и достоинства каждого метода по отношению к исследуемым изделиям различных форм и размеров, с учетом характера выявляемых дефектов и области применимости метода. Сделаны выводы в пользу выбора оптимального из возможных методов.*

**Постановка проблемы, анализ публикаций.** При выборе методов неразрушающего контроля конкретных элементов конструкций необходимо учитывать следующие основные факторы: характер (вид) возможных дефектов и их расположение; возможности методов контроля; виды деятельности, при которых применяется неразрушающий контроль (изготовление, ремонт, техническое диагностирование при эксплуатации); форма и размер контролируемых элементов конструкций; материалы, из которых изготовлены контролируемые элементы; состояние и шероховатость контролируемых поверхностей конструкций [1].

Методы неразрушающего контроля (НК) основаны на наблюдении, регистрации и анализе результатов взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с объектом контроля, причем характер этого взаимодействия зависит от химического состава, строения, состояния структуры контролируемого объекта и т.п. Единого метода, который бы мог обнаружить самые разнообразные по характеру дефекты, не существует. Каждый отдельно взятый метод НК решает ограниченный круг технических задач.

Выбор оптимального метода неразрушающего контроля следует осуществлять исходя из его: реальных особенностей, физических свойств; степени разработки; области применения; чувствительности; разрешающей способности; технических условий отбраковки; технических характеристик аппаратуры [2].

Важной характеристикой любых методов неразрушающего контроля является их чувствительность. Удовлетворительная чувствительность для выявления одних дефектов может быть совершенно непригодной для выявления дефектов другого характера. Чувствительность методов неразрушающего контроля к выявлению одного и того же по характеру дефекта различна.

**Цель работы.** Целью данной работы является выбор оптимального метода неразрушающего контроля, предусматривающий наименьшие экономические и временные затраты на контроль одного изделия, удобство, трудоемкость, а также перспективность и применимость метода в реальных условиях производства.

Неразрушающий контроль осуществляют с помощью СНК (средств неразрушающего контроля): приборов (дефектоскопов, толщиномеров, структуроскопов и т.д.) и установок, а также дефектоскопических веществ и материалов (проникающих и проявляющих жидкостей, магнитных порошков и суспензий, паст и т.д.), стандартных образцов, вспомогательного оборудования.

При определении предельно допустимой погрешности выбранного метода неразрушающего контроля следует учитывать дополнительные факторы, возникающие от влияющих параметров изделий: минимального радиуса кривизны вогнутой и выпуклой поверхностей; их шероховатости; структуры материала; геометрических размеров зоны контроля; других влияющих факторов, указанных в инструкциях для использования конкретных приборов.

**Исследования.** В зависимости от физических явлений, положенных в основу методов неразрушающего контроля, они подразделяются на девять основных видов: акустический, магнитный, вихретоковый, проникающими веществами, радиоволновый, радиационный, оптический, тепловой и электрический.

Визуальный и измерительный контроль - самый простой и в то же время информативный метод контроля. Это единственный метод неразрушающего контроля, который может выполняться без какого-либо оборудования или проводится с использованием простейших измерительных средств. Он позволяет выявлять поверхностные поры и трещины, подрезы, кратеры, прожоги, свищи, наплывы, смещения кромок и другие дефекты. К недостаткам метода можно отнести низкую вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов, а также зависимость выявляемости дефектов от субъективных факторов (острота зрения, усталость, опыт работы выполняющего контроль специалиста) и условий контроля (освещенность, оптический контраст и др.). Однако, простота, малая трудоемкость и определенная информативность визуального и измерительного контроля делают его обязательным и предшествующим проведению неразрушающего контроля другими методами. Какими бы уникальными ни были методы и средства последующих контрольных операций, он всегда изделий начинается с визуального осмотра невооруженным глазом. На оптимальном для глаз расстоянии - 250 мм различают детали размером  $\sim 0,15$  мм, однако возможности глаза ограничены при осмотре удаленных, движущихся, недостаточно освещенных объектов.

Наличие грубых поверхностных дефектов может указать на характер и место возможного разрушения конструкции. Учитывая, что различные дефекты

имеют определенные доминирующие причины их образования, по результатам визуального и измерительного контроля можно ориентировочно оценить качество и стабильность технологического процесса изготовления или ремонта конструкций.

Капиллярный контроль используют для выявления поверхностных дефектов, в том числе сквозных, для определения их протяженности, направления и характера распространения. Метод позволяет обнаруживать невидимые или слабо видимые невооруженным глазом дефекты. Выявляются дефекты, имеющие раскрытие порядка 1 мкм, а глубину более 0,02 мм.

Капиллярный контроль позволяет оценивать изделия любых размеров и форм, изготовленных из ферромагнитных и неферромагнитных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, которые не растворяются и не набухают в дефектоскопических, анализируемых материалах.

Преимуществами капиллярного контроля по сравнению с другими методами неразрушающего контроля являются: высокие чувствительность и разрешающая способность, наглядность результатов контроля, возможность контроля больших поверхностей конструкций и деталей за один прием, простота технологических операций контроля, относительно низкая стоимость используемых дефектоскопических материалов и оборудования. Важным преимуществом метода является хорошая выявляемость трещин.

Недостатки метода следующие: возможность обнаружения только выходящих на поверхность дефектов и недоступность точного определения их глубины; сложность механизации и автоматизации процессов контроля и громоздкость стационарного оборудования; большая продолжительность контроля и снижение его достоверности при отрицательных температурах; необходимость тщательной подготовки контролируемой поверхности, ее очистки и удаления пенетранта, проявителя в процессе и после проведения контроля; вредность некоторых дефектоскопических материалов для обслуживающего персонала - необходимость использования различных защитных приспособлений и приточно-вытяжной вентиляции; ограниченный срок хранения дефектоскопических материалов, зависимость их свойств от продолжительности хранения и температуры окружающей среды. Для проведения капиллярного контроля необходимы наличие доступа к анализируемой поверхности для обработки ее дефектоскопическими материалами, достаточная интенсивность освещения или ультрафиолетового облучения и возможность выполнения температурных и временных режимов. Условием выявления дефектов является наличие полостей, свободных от загрязнений и других веществ, имеющих выход на контролируемую поверхность и глубину распространения, значительно превышающую ширину их раскрытия. Выявление дефектов, имеющих ширину раскрытия более 0,5 мм, не гарантируется. Контроль обычно выполняют при температуре от -40 до +40 °С и относительной влажности не более 90 %. Допускается применять данный метод при других условиях контроля (температуре и влажности), если

позволяют технические характеристики дефектоскопических материалов, а чувствительность контроля подтверждена на образцах при соответствующих условиях. Капиллярный контроль может применяться как отдельно, так и в сочетании с другими методами контроля.

Акустический вид неразрушающего контроля основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте.

В акустическом виде неразрушающего контроля чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, используя диапазон частот приблизительно от 0,5 кГц до 30 МГц. В случае, когда при контроле используют частоты свыше 20 Гц, допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический».

По характеру взаимодействия упругих колебаний с контролируемым материалом акустические методы подразделяют на следующие основные: использующие излучения (теневого, зеркально-теневого); отраженного излучения (эхо-импульсный); резонансный; импедансный; свободных колебаний; акустико-эмиссионный.

По характеру регистрации первичного информативного параметра акустические методы подразделяют на амплитудный, частотный, спектральный.

Акустические методы неразрушающего контроля решают следующие контрольно-измерительные задачи: использование излучения выявляет глубинные дефекты типа нарушения сплошности, расслоения, непроклев, непропаи; метод отраженного излучения обнаруживает дефекты типа нарушения сплошности, определяет их координаты, размеры, ориентацию путём прозвучивания изделия и приёма отраженного от дефекта эхо сигнала; резонансный метод применяется в основном для измерения толщины изделия (иногда применяют для обнаружения зоны коррозионного поражения, непропаев, расслоений в тонких местах из металлов); акустико-эмиссионный метод обнаруживает и регистрирует только развивающиеся трещины или способные к развитию их под действием механической нагрузки (квалифицирует дефекты не по размерам, а по степени их опасности во время эксплуатации). Метод имеет высокую чувствительность к росту дефектов - обнаруживает увеличение трещины на (1...10) мкм, причём измерения, как правило, проходят в рабочих условиях при наличии механических и электрических шумов; импедансный метод предназначен для контроля клеевых, сварных и паяных соединений, имеющих тонкую обшивку, приклеенную или припаянную к элементам жёсткости. Дефекты клеевых и паяных соединений выявляются только со стороны ввода упругих колебаний; метод свободных колебаний применяется для обнаружения глубинных дефектов.

Вихрековый метод неразрушающего контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с полем вихревых токов,

наводимых в объект контроля. Данный метод применяют для анализа деталей, изготовленных из электропроводящих материалов.

Особенности присущие вихретоковым методам: многопараметровость, бесконтактный контроль, нечувствительность к изменению влажности, давления и загрязненности газовой среды и поверхности объектов контроля непроводящими веществами.

При этом вихретоковые методы имеют два основных ограничения: их применяют только для контроля электропроводящих изделий, в том числе характеризующиеся малой глубиной, связанной с особенностями проникновения электромагнитных волн в объект контроля.

Измерительные задачи, решаемые с помощью вихретоковых методов: позволяют обнаружить трещины, раковины, неметаллические включения и другие виды нарушений сплошности (дефектоскопия); измерять толщины прутков, стенок труб (при одностороннем доступе), диаметр проволок, а так же толщины лакокрасочных, эмалевых, керамических, гальванических и других покрытий, нанесенных на электропроводящую основу (толщинометрия); контролировать химический состав, механические свойства, остаточные напряжения (структуроскопия). Выявляемость дефекта при прочих равных условиях зависит от его типа. Наилучшим образом выявляются дефекты типа усталостных трещин, ориентированные перпендикулярно контролируемой поверхности.

Магнитный метод неразрушающего контроля - вид контроля, основанный на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. В магнитный вид неразрушающего контроля входят методы: магнитопорошковый, феррозондовый, магнитографический и другие.

Магнитопорошковый метод основан на регистрации магнитных полей рассеяния над дефектами с использованием в качестве индикатора ферромагнитного порошка или суспензии.

Этот метод служит для выявления поверхностных и подповерхностных (залегających на глубине до 10 мм) дефектов. Его применяют для контроля конструкций и деталей из ферромагнитных сталей обыкновенного качества, углеродистых качественных и низколегированных сталей.

Магнитопорошковым контролем не могут быть проконтролированы элементы конструкций и детали: из неферромагнитных сталей, на поверхности которых не обеспечена необходимая зона для намагничивания и нанесения индикаторных материалов; изделия со структурной неоднородностью и резкими изменениями площади поперечного сечения; с несплошностями, плоскость раскрытия которых совпадает с направлением намагничивающего поля или составляет с ней угол менее  $30^\circ$ .

На выявляемость дефектов оказывают влияние многие факторы, связанные со свойствами объекта и принятой технологией магнитопорошкового контроля, а именно: магнитные свойства и структурные неоднородности материала, шероховатость, форма объекта контроля, его

габаритные размеры, масса, наличие покрытий, их толщина и свойства, вид тока, схема намагничивания, способ контроля, а также значения таких параметров технологии контроля, как напряженность поля или сила тока. Допускается контроль по немагнитным покрытиям (хром, кадмий и др.). Наличие покрытий толщиной до ~20 мкм практически не влияет на выявляемость дефектов. При толщине покрытия более 100-150 мкм могут быть выявлены только дефекты размером более 0,15 мм.

Феррозондовый метод контроля основан на измерении напряженности магнитного поля, в том числе и их полей рассеяния, возникающих в зоне дефектов, феррозондами.

Магнитографический метод неразрушающего контроля заключается в намагничивании зоны контролируемого металла или сварного шва вместе с прижатым к его поверхности эластичным магнитоносителем (магнитной лентой). Фиксации на магнитоносителе возникающих в местах дефектов полей рассеяния и с последующим воспроизведением полученной записи.

Считывание магнитных отпечатков полей дефектов с магнитной ленты осуществляется в дефектоскопах.

Магнитные методы неразрушающего контроля решают следующие задачи: магнитопорошковый метод предназначен для выявления поверхностных и под поверхностных (на глубине до (1,5 ... 2) мм) дефектов типа нарушения сплошности материала изделия: трещины, волосовины, расслоения, не проварка стыковых сварных соединений, закатов и т.д.; этим методом можно контролировать изделия любых габаритных размеров и форм, если магнитные свойства материала изделия (относительная максимальная магнитная проницаемость не менее 40) позволяют намагничивать его до степени, достаточной для создания поля рассеяния дефекта, способного притянуть частицы ферромагнитного порошка; феррозондовый метод контроля применяется для выявления поверхностных и под поверхностных (глубиной до 10 мм) дефектов типа нарушения сплошности материала: волосовины, трещины, раковины, закаты, пленки и т.п., а также для выявления дефектов типа нарушения сплошности сварных соединений. Для контроля качества структуры и геометрических размеров изделий используется определение степени размагниченности изделий. Метод можно применять на изделиях любых размеров и форм, если отношение их длины к наибольшему размеру в поперечном направлении и их магнитные свойства дают возможность намагничивания до степени, достаточной для создания магнитного поля рассеяния дефекта, обнаруживаемого с помощью преобразователя. Магнитографическим методом контроля выявляют дефекты типа нарушения сплошности материала изделий, в основном для контроля сварных стыковых соединений из ферромагнитных материалов при их толщине от 1 до 18 мм.

Способ оценки качества и свойств изделий из сплавов и сталей неразрушающим методом по коэрцитивной силе, отличается тем, что анализ свойств по глубине анализируемого слоя осуществляют накладными

преобразователями различных размеров, отстроенных по единому показателю (стандартному образцу), начиная с минимального, при этом положение преобразователя при измерениях на детали сохраняется постоянным. Магнитное состояние ферромагнетика выражают с помощью кривых намагничивания и петель магнитного гистерезиса. Коэрцитивная сила ( $H_c$ ) определяется факторами, препятствующими перемагничиванию образца. Наличие в образцах примесей, дефектов кристаллической решётки, различного рода неоднородностей затрудняет движение границ магнитных доменов и тем самым повышает  $H_c$ .

Метод обладает преимуществами портативности, простоты, работы в условиях производства и дальнейшей эксплуатации изделия, возможности работать на металлических поверхностях, с любого рода покрытиями и любой толщины. К недостаткам методам относится невозможность его применения на большинстве неферромагнитных материалов, необходимость введения корректирующих коэффициентов, учитывающих форму изделия, а также интервалов браковочных норм, которые определяются экспериментальными методами конкретного для каждого материала.

### **Выводы**

Исходя из изученных преимуществ и недостатков рассмотренных методов и с учетом того, что оценка качества должна обеспечивать наименьшие экономические и временные затраты на контроль одного изделия, удобство, низкую трудоемкость и перспективность, применимость метода в реальных условиях производства, а также того, что экспертиза состояния металлоконструкций и узлов оборудования не будет полноценной, если она строится преимущественно на оценке дефектности металла, без учета его усталостного состояния, особенно в зонах концентрации нагрузжений. Эксплуатационные дефекты – это только малая и уже заключительная часть объективного, но разрушительного процесса с накоплением зон усталости. Контролировать такое накопление необходимо для большей полноты и достоверности информационной базы экспертизы. Немаловажно, чтобы и параметр контроля и метод его реализации обладали при этом хорошей чувствительностью, то есть были информационно эффективными. А прибор для реализации метода был простым и доступным [3].

В связи с этим, как наиболее оптимальный метод неразрушающего контроля рекомендуется магнитный метод по коэрцитивной силе, позволяющий выявлять как допроизводственные, производственные так и эксплуатационные дефекты изделия. Метод характерен тем, что не учитывает влияние окалины, шероховатости и немагнитных покрытий, не требует специальной подготовки поверхности, не чувствителен к профессионализму оператора.

### Список литературы:

1. Коновалов Н.Н. Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля сварных соединений / ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» - Москва, 2006
2. ГОСТ 18353. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
3. Мужичкий В.Ф. Магнитный (коэрцитиметрический) метод как наиболее действенный путь повышения надежности традиционной экспертизы состояния и ресурса металлоконструкций / Мужичкий В.Ф., ЗАО "НИИИИИ МНПО "Спектр", Попов Б.Е., ИКЦ КРАН, Москва, Россия Безлюдько Г.Я., фирма "Специальные Научные Разработки", Харьков, Украина / 5-я международная выставка и конференция «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности», 16-19 мая 2006.

### Анотація

#### **Аналіз існуючих методів оцінки якості виробів з металів та сплавів** Листопад О.І.

*Проведено порівняльний аналіз існуючих методів оцінки якості виробів з металів та сплавів. Вивчено недоліки і переваги кожного методу по відношенню до досліджуваних виробів різних форм і розмірів, враховуючи характер дефектів, що необхідно виявити, і області застосування методу. Зроблено висновки на користь оптимального з досліджених методів.*

### Abstract

#### **Quality evaluation methods comparative analysis of metals and alloys products** Listopad A.I.

*Quality evaluation methods comparative analysis of metals and alloys items was led. Advantages and disadvantages of each method quoad different forms and size items in consideration of defect modes and application fields were explored. Conclusions in favor of the optimal method among the investigated were taken.*