**Список используемых сокращений**

# НК – неразрушающий контроль

РУЗК – ручной ультразвуковой контроль

АУЗК – автоматизированный ультразвуковой контроль

ЛНМК – лаборатория неразрушающих методов контроля

СНК – система неразрушающего контроля

# Аннотация

Работа посвящена совершенствованию системы неразрушающего контроля изделий на предприятиях машиностроительного профиля.

Произведен анализ системы неразрушающего контроля на предприятиях. Представлены общие сведения и основные требования предъявляемые к контролю. Описаны основные виды и характеристики дефектов обнаруживаемых в процессе сканирования. Выделены основные факторы влияющие на качество неразрушающего контроля.

С целью повышения эффективности системы неразрушающего контроля предложен процессный подход. Определено место контроля на различных этапах процесса изготовления изделий, структура и средства управления. На примере предприятия ОАО «Тяжпромарматура» реализован процессный подход к организации НК.

Рассмотрена перспектива автоматизированной системы неразрушающего контроля деталей и узлов машин и основные направления ее совершенствования. На основе совершенствования обобщений экспериментальных данных выполнен сравнительный анализ ручного и автоматизированного контроля.

В результате проведенной работ на основе процессного подхода предложен комплекс средств и мероприятий по повышению эффективности НК в процессе производства изделий машиностроительного профиля.

# Содержание

Введение

Глава 1. Анализ системы неразрушающего контроля на предприятиях

1.1 Общие сведения о неразрушающем контроле и требования к нему

1.2 Виды и характеристики дефектов контролируемых объектов обнаруживаемых на основных этапах жизненного цикла изделий

1.3 Причины «перебраковки» и пропуска дефектов в процессе контроля

1.4 Факторы, влияющие на качество неразрушающего контроля изделий

1.5 Недостатки организации системы контроля на предприятиях

Глава 2. Процессный подход к системе неразрушающего контроля

2.1 Место НК в процессе производства

2.2 Организация неразрушающего контроля

2.3 Проведение дефектации и управление несоответствующей продукцией

Глава 3. Перспектива автоматизации системы неразрушающего контроля изделий на предприятиях машиностроительного профиля

3.1 Комплексная технология АУЗК

3.2 Сопоставление результатов АУЗК и РУЗК

Заключение

Список использованных источников

# Введение

Повышение уровня надежности и увеличение ресурса машин и других объектов техники возможно только при условии выпуска продукции высокого качества во все отраслях машиностроения. Это требует непрерывного совершенствования технологии производства и методов контроля качества. В ряде случаев выборочный контроль исходного металла, заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий ответственного назначения не гарантирует их высокое качество, особенно при серийном и массовом изготовлении. В настоящее время все более широкое распространение получает 100%-ный неразрушающий контроль продукции на отдельных этапах производства.

Задача существенного улучшения качества промышленной продукции, а, следовательно, повышение надежности и долговечности машин может быть успешно решена при условии совершенствования производства и методов контроля качества продукции.

Контроль качества продукции заключается в проверке соответствия показателей ее качества установленным требованиям. Важными критериями высокого качества деталей машин являются физические, геометрические и функциональные показатели, а также технологические признаки качества, например, отсутствие недопустимых дефектов типа нарушения сплошности материала, и покрытия, геометрических размеров и чистоты обработки поверхности требуемым технической документацией и др.

В современных условиях стремительного научно-технического прогресса роль неразрушающего контроля значительно возросла. Его применение на машиностроительных заводах и при эксплуатации машин в различных областях народного хозяйства дает значительный технический и экономический эффект. Использование его в эксплуатации позволяет обеспечить высокую надежность и долговечность машин.

# Глава 1. Анализ системы неразрушающего контроля на предприятиях

* 1. **Общие сведения о неразрушающем контроле и основные требования к нему**

Применение НК предшествует разработка модели, отражающей изменение свойств материалов и изделий по характерным признакам. НК заключается в проверке физическим методом соответствия показателей качества контролируемой продукции установленным требованиям без нарушения ее свойств, функционирования и пригодности к применению.

Существующие средства НК предназначены для выявления дефектов типа нарушения сплошности материала изделий; оценки структуры материала изделий; контроля геометрических параметров изделий; оценки физико-химических свойств материала изделий.

НК основан на получении информации о качестве проверяемых материалов и изделий при взаимодействии их с веществами или физическими полями в виде электрических световых, звуковых или иных сигналов. Современные методы НК в соответствии с ГОСТ 18353-79 подразделяются на девять основных видов: радиационный, акустический, магнитный, вихретоковый, электрический, радиоволновой, тепловой, оптический, а также проникающими веществами (молекулярный).

Методы каждого вида НК классифицируют по характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом, первичным информативным признакам и способам получения первичной информации.

* МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ – основан на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. Физические основы магнитного контроля заключаются в использовании магнитных свойств материалов, в частности, размагничивающего фактора, магнитного сопротивления и преломления магнитных силовых линий.
* ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом, или возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия.
* ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ – основан на взаимодействии электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом изделии, плотность которых зависит от свойств материалов.
* РАДИОВОЛНОВОЙ КОНТРОЛЬ – основан на использовании взаимодействия радиоизлучений с материалами контролируемых изделий. Он наблюдается в процессе поглощения, дифракции, отражения, преломления падающей волны или взаимодействия падающей или отраженных волн. Кроме того, в радиодефектоскопии могут использоваться специфические резонансные эффекты взаимодействия радиоволнового излучения.
* ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ – основан на регистрации изменений тепловых или температурных полей контролируемых объектов, вызванных дефектами.
* ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – основан на взаимодействии светового излучения с поверхностью контролируемого объекта. При падении света с потоком излучения на материал происходит разложение его на составляющие. В зависимости от свойств материала это разложение может быть различным.
* АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – основан на использовании ультразвуковых волн. Колебания в деформируемой среде распространяются в виде волны. Совокупность частиц, обладающих одинаковой фазой колебаний, образует поверхность или фронт волны. Фронт волны расположен перпендикулярно к направлению распространению волны.
* МОЛЕКУЛЯРНЫЙ (КОНТРОЛЬ ПРОНИКАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ) – основан на проникании веществ и регистрации индикаторного рисунка открытой поверхности.
* РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ – основан на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием. К ионизирующим излучениям относят рентгеновские и гамма-излучения, а также потоки заряженных или нейтральных частиц. Рентгеновское излучение является электромагнитным излучением и возникает в рентгеновской трубке при торможении ускоренных электронов. Кинетическая энергия тормозящих электронов превращается в электромагнитную энергию, излучаемую в виде фотонов.

К НК предъявляются следующие основные требования:

* 1. возможность осуществления эффективного контроля на различных стадиях изготовления, в эксплуатации и ремонте изделий;
	2. возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;
	3. согласованность времени, затрачиваемого на контроль, с временем работы другого технологического оборудования;
	4. высокая достоверность результатов контроля;
	5. возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами НК;
	6. высокая надежность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования ее в различных условиях;
	7. простота методики контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

В современных условиях при большом разнообразии методов и приборов необходим тщательный анализ для выбора наиболее эффективного и экономичного НК. Принцип выбора методов НК материалов и изделий основывается на их классификационных признаках [5]. Основными признаками являются: характер взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом, первичная информационная характеристика, индикация первичной информации, окончательная информация. Каждый метод имеет свою область наиболее эффективного применения.

Для выбора методов или комплекса методов НК должны быть определены вид дефектов, подлежащих выявлению, объекты (зоны) контроля, их характеристики и условия контроля, а также должны быть заданы критерии на отбраковку. По эти данным руководствуясь табл. 4 [1], определяют возможные методы, позволяющие решить поставленную задачу. Затем, принимая во внимание критерии на отбраковку, чувствительность и специфику методов, выбирают методы и средства НК для применения. При равной чувствительности предпочтение отдается тому методу, который проще и доступнее в конкретных условиях применения, у которого выше достоверность результатов контроля и производительность.

Выбранные методы контроля полуфабрикатов фиксируются в нормативной технологической документации.

На практике в некоторых случаях могут встретиться задачи, для решения которых применение того или иного широко распространенного метода может оказаться недостаточно эффективным [4]. В этих случаях научно-исследовательские институты и заводы промышленности разрабатывают новые специальные методы, средства и методики НК.

При выборе метода или комплекса методов для дефектоскопического контроля конкретных деталей или узлов необходимо учитывать, кроме специфических особенностей и технических возможностей каждого метода, следующие основные факторы: характер (вид) дефекта и его расположение, условия роботы деталей и ТУ на отбраковку, материал детали, состояние и чистоту обработки поверхности, форму и размер детали,, зоны контроля, доступность детали и зоны контроля, условия контроля.

**Характер (вид) подлежащих выявлению дефектов** — важный фактор при выборе метода. В зависимости от происхождения дефекты различаются размерами, формой и средой, заполняющей их полости. Так, например, трещины имеют протяженную форму с различным раскрытием и глубиной. В полости трещин могут быть окислы, смазка, нагар и другие загрязнения. Трещины характерны резкими очертаниями, а неметаллические включения, закаты и заковы часто бывают округлой формы. Поэтому, учитывая особенности дефекта, который необходимо обнаружить, выбирают метод ПК для падежного его выявления. Так, для обнаружения поверхностных трещин с малой шириной раскрытия (0,5—5 мкм) на деталях из ферромагнитных материалов наиболее эффективным является магнитный, а из немагнитных материалов — токовихревой или капиллярный метод и совершенно непригоден, например, рентгенографический. Для выявления внутренних скрытых дефектов целесообразно применять радиационные или ультразвуковые методы.

**Место расположения возможных дефектов** на детали. Дефекты подразделяют на поверхностные, подповерхностные (залегающие на небольшой глубине — до 0,5—1 мм) и внутренние (залегающие на глубине более 1 мм).

Для выявления поверхностных дефектов применимы все методы, но в ряде случаев наиболее эффективны из них магнитопорошковый и капиллярные. Для обнаружения подповерхностных дефектов эффективны ультразвуковой, токовихревой, магнитопорошковый, а внутренних — только ультразвуковой и методы просвечивания ионизирующими излучениями.

**Условия работы детали:** характер внешних нагрузок (статические, динамические, вибрационные), возможные перегрузки, внешняя среда, в которой работает деталь, возможность эрозионно-коррозионного поражения, температурные условия и др. Многие ответственные детали испытывают значительные знакопеременные нагрузки, работают в агрессивной среде, при высоких температурах и в запыленном воздухе (при работе, например, двигателей на земле). Ряд деталей подвергается эрозионно-коррозионному воздействию. Любые конструктивные или производственные дефекты могут явиться очагами усталостного разрушения, особенно при работе детали в условиях сложного напряженного состояния или воздействия агрессивных сред, ускоряющих разрушение.

Учет условий работы деталей позволяет определить критические места конструкции и обратить на эти места особое внимание при выборе метода и проведении контроля.

**Технические условия** на отбраковку определяют количественные критерии ее и играют важную роль при выборе методов, обеспечивающих выявление только опасных дефектов.

Например, для контроля поверхности лопаток газовых турбин вдали от кромок, где допускаются 'мелкие точечные эрозионно-коррозионные поражения и микро-растрескивание, ограничиваются лишь двумя методами: визуально-оптическим и одним из капиллярных (люминесцентным, цветным) или токовихревым. Для контроля кромок, на которых согласно ТУ не допускаются никакие нарушения сплошности материала, применяют три метода в комплексе, исходя из особенностей и технических возможностей каждого метода: капиллярным — цветным проверяют наличие на всей поверхности поверхностных трещин, пор, коррозионных поражении;

Если в ТУ отсутствуют строго определенные критерии браковки или нормы на отбраковку установлены неправильно (не на основе испытаний, а исходя из страха риска), то возможна необоснованная отбраковка деталей, что может нанести экономический ущерб.

**Физические свойства материала деталей** — это постоянно действующий фактор, определяющий в значительной степени выбор метода НК. Так, для применения магнитопорошкового метода материал детали должен быть ферромагнитным и однородным по магнитным свойствам структуры: не должно быть, например, карбидной полосчатости, аустенитных включений, резких переходов от одной структуры к другой, различающихся магнитными свойствами. Для токовихревого контроля материал должен быть электропроводным, однородным по структуре и изотропным .по магнитным свойствам. Для ультразвукового контроля на трещины материал также должен быть однородным, мелкозернистым по структуре, должен обладать свойствами упругости и малым коэффициентом затухания ультразвуковых колебаний, а для капиллярных методов — должен быть непористым и стойким к воздействию органических растворителей.

Применение методов просвечивания ионизирующими излучениями ограничивается лишь способностью материала поглощать данное излучение и толщиной материала.

Форма и размеры контролируемых деталей. Некоторые методы (магнитный, капиллярный, просвечивание рентгеновским и γ-излучением) могут применяться для контроля большинства деталей различной формы и размеров. Детали простой формы можно проверять всеми методами, в то время как применимость некоторых методов для контроля деталей сложной формы ограничена, например ультразвукового — из-за трудности расшифровки результатов контроля и наличия мертвых зон — непрозвучиваемых участков; капиллярного — из-за трудности выполнения отдельных операций, особенно операций подготовки деталей к контролю и удаления с поверхности проникающей жидкости.

Крупногабаритные изделия контролируют, как правило, по частям.

Правильность монтажа деталей в производстве, состояние и взаимное расположение закрытых деталей в период эксплуатации в собранных агрегатах проверяют только методами просвечивания.

**Зоны контроля.** Контролю непосредственно на изделии подвергают отдельные зоны. Определение зон контроля является важным фактором в выборе метода, так как знание их облегчает разработку методики и обнаружение дефектов. При этом следует иметь в виду, что методом вихревых токов практически невозможно проверить зоны немагнитного материала непосредственно у неравномерно распределенных ферромагнитных масс; ультразвуковой контроль поверхностными волнами – неприменим, если в проверяемой зоне имеются резкие переходы от одного сечения к другому. Кроме того, в подлежащей ультразвуковому контролю зоне, как правило, не должно быть отверстий, заклепок, болтов и других отражателей ультразвуковой энергии. В некоторых случаях контроль таких объектов возможен при условии применения специальной методики и искательных ультразвуковых головок.

Для токовихревого контроля радиусы галтельных переходов должны быть не менее 2 мм, а для капиллярного и магнитопорошкового методов в зоне контроля не должно быть уступов с углом менее 90°, подрезов и наплывов металла. Ширина проточек, радиусы галтелей и отверстий в зоне капиллярного контроля должны быть не менее 3 мм.

Состояние и чистота обработки контролируемой поверхности. Чувствительность методов, особенно магнитопорошковых и капиллярных, зависит от чистоты обработки контролируемой поверхности и наличия на ней защитных покрытий.

Проведем сравнительный анализ некоторых методов НК табл. 1

Характерные особенности и области применения распространенных методов НК

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод НК | Дефекты | Область применения | Преимущества | Недостатки |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Визуально-оптический | Относительно крупные трещины, механические и коррозионные повреждения поверхности, нарушения сплошности защитных покрытий, остаточные деформации, изменения характера неразъемных соединений, течь, следы износа и др. | Осмотр деталей и узлов как снятых, так и непосредственно в конструкции | 1. Возможность осмотра больших поверхностей деталей из различных материалов, имеющих разную форму2. Возможность проведения эффективного контроля в труднодоступных местах конструкции | 1. Низкая вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов2. Зависимость выявляемости дефектов от субъективных факторов (острота зрения, усталость оператора, опыт работы) и условия контроля (освещенность, оптический контраст и др.) |
| Цветной (с применение составов) | Поверхностные открытые трещины, поры, и коррозионные поражения | Контроль деталей и улов в основном из немагнитных материалов | 1. Возможность контроля деталей, различных по размерам и форме.2. Высокая чувствительность метода и достоверность результатов контроля3. Простота технологии контроля.4. Наглядность и документальность результатов контроля | 1. Необходимость удаления с контролируемой поверхности защитных покрытий, смазок, окалины и других загрязнений.2. Относительно высокая трудоемкость ручного контроля.3. Большая длительность процесса контр. |
| Магнитнопорошковый | Поверхностные и подповерхностные дефекты – трещины, волосовины, неметаллические включения, флокены, надрывы и др. | Контроль полуфабрикатов, деталей и узлов из ферромагнитных материалов | 1. Возможность контроля деталей различных по размерам и форме2. Высокие чувствительность, производительность и достоверность результатов контроля3. Простота методики контроля.4. Документальность результатов контроля | 1. Необходимость удаления относительно толстых защитный покрытий2. Сложность автоматизации всего процесса контроля3. В ряде случаев затруднена расшифровка результатов контроля в связи с выявлением мнимых дефектов |
| Токовихревой | Открытые и закрытые поверхностные и подповерхностные дефекты | Контроль полуфабрикатов, деталей и узлов из электропроводных материалов. Метод эффективен для локального контроля снятых деталей и в конструкции (накладными датчиками) | 1. Возможность выявления трещин без удаления защитных покрытий, окислов и смазок2. Возможность выявления малораскрытых трещин, перекрытых «мостиков» деформированного металла3. Возможность безконтактного контроля4. Большая скорость и незначительная трудоемкость ручного контроля небольших поверхностей | 1. Зависимость чувствительности метода от размеров датчика, которые ограничены возможностями технологии его изготовления. В связи с чем она по глубине распространения трещин ниже магнитного и цветного2. Отсутствие наглядности результатов контроля (косвенные наблюдения) |
| Ультразвуковой импульсный эхо-метод | Внутренние скрытые дефекты, а также поверхностные трещины, главным образом возникающие в труднодоступных местах конструкции | Контроль полуфабрикатов, деталей и узлов из магнитных и немагнитных материалов, обладающих свойствами упругости | 1. Высокая чувствительность2. Возможность выявления поверхностных и внутренних дефектов при одностороннем доступе к проверяемому объекту и на значительном расстоянии от места ввода ультразвуковых колебаний3. Высокая производительность и низкая стоимость контроля4. Относительная простота автоматизации контроля | 1. Необходимость разработки специальных методик и ультразвуковых искателей для каждой контролируемой детали2. Относительная сложность расшифровки результатов контроля, определение места расположения, размера и характер дефектов3. Относительная трудность, а в ряде случаев невозможность контроля деталей сложной формы и с грубой поверхностью |
| Рентгено-графический | Внутренние скрытые дефекты, дефекты закрытых деталей | Контроль полуфабрикатов деталей, узлов и агрегатов | 1. Возможность контроля деталей различной формы. Большая интенсивность излучения и возможность регулирования его энергии2. Документальность результатов контроля | 1. Громоздкость и сложность рентгеновской аппаратуры2. Относительно низкая чувствительность к усталостным трещинам3. Недостаточная технологическая маневренность при просвечивании в полевых условиях и в условиях монтажа конструкции4. Относительно низкая производительность и более высокая стоимость контроля на внутренние дефекты по сравнению с ультразвуковым методом5. Необходимость устройства защиты работающих от рентгеновского излучения |

Из рассмотренных неразрушающих методов контроля наибольшее практическое применение находят методы акустического вида контроля.

Около 90% объектов, контролируемых акустическими методами, проверяют эхо-методом. Применяя различные типы волн, с его помощью решают задачи дефектоскопии поковок, отливок, сварных соединений, многих неметаллических материалов.

**Контроль отливок.** Ультразвуковой контроль отливок проводится эхо- и зеркально-теневым методами, обычно с помощью нормальных преобразователей. Дефекты литья (поры, раковины, шлаковые включения) имеют объемный характер и могут быть обнаружены при прозвучивании с разных сторон. Поэтому контроль ведут, как правило, в одном направлении по кратчайшему расстоянию от поверхности, удобной для ввода УЗК. Однако имеются опасные зоны, которые должны быть проверены в направлении, перпендикулярном к плоскости наиболее вероятного развития трещин. Кроме того, в отливках встречаются волосовидные дефекты, плохо отражающие ультразвук. О наличии таких дефектов судят по ослаблению донного сигнала.

Ввиду того, что поверхность отливок шероховатая и сложной формы, целесообразно применять специальные преобразователи для контроля грубой поверхности. Вогнутые переходные поверхности удобно контролировать преобразователями с локальной ванной в форме катка.

Ультразвуковому контролю следует подвергать стальные отливки после высокотемпературной термической обработки, измельчающей структуру. Частота ультразвуковых колебаний 1 - 2 МГц. Чувствительность дефектоскопа обычно настраивают по плоскодонным отражателям площадью 7 - 80 мм2. Удовлетворительно контролируются отливки центробежного литья (например, трубы).

Чугун контролируется хуже, чем стальные отливки. Наибольшую чувствительность удается получить при контроле отбеленного чугуна и чугуна с шаровидным графитом. Значительно хуже контролируется чугун, особенно при наличии крупных графитных включений.

Эхо-метод применяют для обнаружения грубых дефектов в слитках из различных металлов и сплавов, предназначенных для изготовления изделий ответственного назначения. Простая форма слитка благоприятствует контролю. Однако слитки имеют крупнозернистую структуру, что требует уменьшения частоты и снижает чувствительность метода контроля. Слитки из углеродистой стали могут быть прозвучены на толщину до 1 м при частоте 0,25 -1 МГц. Слитки из легированной стали прозвучиваются значительно хуже. Слитки из титановых и алюминиевых сплавов могут быть проконтролированы на глубину не более 1 м при частоте 1 - 1,5 МГц. Для обеспечения акустического контакта вдоль боковых поверхностей слитка зачищают полосы шириной 50 -70 мм от окалины и других неровностей.

**Контроль поковок и штамповок.** Поковки (типа роторов и дисков турбин, заготовок штампов, станин, валов, деталей самолетов, в том числе из легких сплавов, и.т.п.) контролируют эхо-методом. В этих изделиях могут быть выявлены флокены, остатки усадочных раковин, инородные включения, окисные плены, ликвационные скопления и другие внутренние дефекты, которые практически невозможно обнаружить просвечиванием. Контроль ведется на частоте 2 - 5 МГц эхо- и зеркально-теневым методами. Для ответственных изделий предусматривается прозвучивание каждого объема в трех взаимно перпендикулярных направлениях или близких к ним. Поковки менее ответственного назначения контролируют прямым преобразователем по поверхности, со стороны которой производится последний этап ковки, так как большинство дефектов расположено параллельно этой поверхности. Наклонными преобразователями контролируют участки, опасные с точки зрения возможного возникновения трещин, а также места, где обнаружены дефекты прямым преобразователем.

Уровень фиксации устанавливают в пределах 3-20 мм2. Недопустимыми считают дефекты с эквивалентной площадью 3 - 70 мм2 в зависимости от толщины изделия. Кроме того, накладываются ограничения на протяженность дефектов, их число и суммарную эквивалентную площадь на определенной площади поверхности изделия.

Штамповки имеют часто сложную форму. Их контроль проводится эхо-методом продольными волнами при частоте 2 - 5 МГц. Волны рекомендуется направлять перпендикулярно к поверхности металла. В этом случае эффективно применение иммерсионных установок, в которых преобразователь автоматически ориентируется в требуемом направлении.

**Контроль проката я проволоки.** Листы и плиты толщиной 6 - 60 мм контролируют теневым, эхо-, эхо-сквозным и зеркально-теневым методами на частотах 2-3 МГц. При контроле эхо-методом чувствительность фиксации устанавливают по плоскодонным отверстиям площадью 7; 19,6; 50,2 мм2. Для других методов чувствительность фиксации устанавливается по ослаблению донного или сквозного сигнала.

Листы толщиной более 60 мм контролируют эхо- (совместно с зеркально-теневым) или эхо-сквозным методом. Преимуществом последнего является независимость показаний прибора от перемещения листа между преобразователями при иммерсионном контроле.

Листы толщиной 3 мм и менее эффективно контролировать эхо- и теневым методом с использованием волн Лэмба. Одним или двумя преобразователями можно проконтролировать полосу шириной 0,3 - 0,5 м при скорости ее движения 0,5 м/с.

Контроль листов и заготовок при 900 -1000° С позволяет своевременно выявить часть металла, подлежащую обрезке. Для возбуждения и приема УЗК применяют ЭМА-способ или помещают преобразователи в канал, расточенный в валках прокатного стана. Акустический контакт при этом, достигается путем сильного прижатия валка к поверхности листа или заготовки.

Прутки и заготовки круглого и прямоугольного сечений контролируют эхо-методом прямыми (иногда также наклонными) преобразователями. Прокат делят на четыре группы качества в зависимости от условий протяженности дефектов. В случае, если требуется контролировать только центральную часть прутка, используют три преобразователя, расположенных вокруг прутка с углом между осями 60°. Пруток перемещают поступательно, сканирования по всей поверхности не производят.

Бесшовные металлические трубы проверяют эхо-методом с помощью иммерсионных установок с локальными ваннами.

Для проверки всего металла трубы необходимо обеспечить взаимное перемещение преобразователя и трубы по винтовой линии. Более производителен способ, при котором преобразователи вращаются вокруг поступательно-движущейся трубы.

**1.2 Виды и характеристики дефектов контролируемых объектов обнаруживаемых на основных этапах жизненного цикла изделий**

Многолетний опыт исследования отказов машин и механизмов свидетельствует о том, что основным видом разрушения деталей из различных металлических материалов является разрушение от усталости. Причину указанного вида разрушения весьма многообразны. К их числу относятся: например, низкое качество материала или изготовления деталей, недостаточная конструктивная прочность, нарушение требований эксплуатации и т.д.

С точки зрения неразрушающего контроля деталей и изделий из металлических материалов все виды несовершенства в металлах вне зависимости от природы их образования (нарушение в металлургии, технологии, эксплуатации) целесообразно рассмотреть с позиции: дефект есть или дефект отсутствует

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией.

Дефект может существовать на каждом этапе жизненного цикла изделий.

Обеспечение на стадии проектирования свободных подходов к контролируемым деталям исключает в эксплуатации необходимость доработки конструкции изделий для проведения контроля.

На основе анализа расчетных напряжений, результатов статических и динамических испытаний, а также статистики отказов при эксплуатации аналогичных по конструкции образцов техники конструктор должен определить, какие высоко нагруженные детали и узлы подлежат НК в процессе эксплуатации, где места возможного возникновения на них усталостных трещин и зоны контроля.

Конструктор должен указать методы и средства НК, в том числе и устройства встроенного дефектоскопического контроля объектов, возможность контроля которых должна быть обеспечена в запланированном объеме. Если невозможно использовать известные методы и средства контроля, необходимо разработать и рекомендовать новые.

Конструктор должен разработать техническую документацию по дефектоскопическому контролю, включающую перечень контролируемых объектов и схемы размещения их на изделии, рекомендуемые методы, средства и технологию контроля, критерии браковки, последовательность выполнения контроля, порядок введения контроля в условиях эксплуатации изделия и последующего расширения его объема. Кроме того, должны быть определены, продолжительность и необходимые трудозатраты на подготовку, и выполнение контрольных операций.

Работы по обеспечению технологичности изделий и созданию технической документации по дефектоскопическому контролю выполняются конструктором совместно со специалистами по дефектоскопии, производству и эксплуатации машин – объектов контроля. Из-за ошибок допущенных на стадии проектирования конструктором происходит зарождение дефектов в изделиях.

Самое большое количество дефектов выявляемых методами НК возникает на этапе изготовления изделий.

Рассмотрим металлургические дефекты, которые образуются при выплавке слитков или литье деталей. Наиболее распространенными металлургическими дефектами являются: усадочные и газовые раковины, трещины и включения.

Усадочные раковины – представляют собой полость, образовавшуюся вследствие уменьшения объема жидкого металла при его затвердевании. Причина образования такого дефекта является – уменьшение объема металла при затвердевании.

Газовые раковины – полости округлой формы диаметром 1…3 мм и более с гладкой блестящей поверхностью. Основными причинами возникновения могут быть: низкая газопроницаемость формы и стержней; плохая обработка холодильников и т.д.

Трещины– представляют собой нарушения сплошности в виде разрывов металла. Образование трещин в непрерывном слитке связано с напряжениями, возникающими в процессе его формирования, и обусловлено пониженной прочностью и пластичностью металла в различных температурных интервалах.

Включения бывают двоякого рода и происхождения: включение неметаллических частиц, попавших в металл извне (шлак, огнеупор, песок, графит) и металлические включения (ферросплавы, затонувшие куски прутков или маркировочных дужек и т.д.)

Опасные дефекты технологического происхождения, резко снижающие характеристики сопротивления деталей экспериментальным нагрузкам – это дефекты сварки (табл. 1).

Таблица 1

Термины и определения дефектов сварных соединений по ГОСТ 2601-84

|  |  |
| --- | --- |
| Термин | Определение |
| **Трещина сварного соединения** | Дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах |
| **Продольная трещина сварного соединения** | Ориентированная вдоль оси сварного шва |
| **Поперечная трещина сварного соединения** | Ориентированная поперек оси сварного шва |
| **Разветвленная трещина сварного соединения** | Имеющая ответвления в различных направлениях |
| **Микротрещина сварного соединения** | Обнаруженная при пятидесятикратном и более увеличении |
| **Усадочная раковина сварного шва** | Дефект в виде полости или впадины, образованный при усадке металла шва в условиях отсутствия питания жидким металлом |
| **Вогнутость корня шва** | Дефект в виде углубления на поверхности обратной стороны сварного одностороннего шва |
| **Свищ в сварном шве** | Дефект в виде воронкообразного углубления в сварном шве |
| **Пора в сварном шве** | Дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом |
| **Цепочка пор в сварном шве** | Группа пор в сварном шве, расположенных в линию |
| **Непровар** | Дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва |
| **Прожог сварного шва** | Дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны |
| **Шлаковое включение сварного шва** | Дефект в виде вкрапления шлака в сварном шве |
| **Брызги металла** | Дефект в виде окалины или пленки окислов на поверхности сварного соединения |
| **Поверхностное окисление сварного соединения** | Дефект в виде окалины или пленки окислов на поверхности сварного соединения |
| **Подрез зоны сплавления** | Дефект в виде углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом |
| **Наплыв на сварном соединении** | Дефект в виде напекания металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним |
| **Смещение сваренных кромок** | Неправильное положение сваренных кромок друг относительно друга |

Воздействие эксплуатационных нагрузок, окружающей среды (температура, влажность, пары кислот и т.п.), фазовые и структурные превращения, протекающие во времени в условиях воздействия эксплуатационных факторов при неблагоприятных сочетаниях могут вызвать зарождение и развитие эксплуатационных повреждений (коррозионные язвы, трещины, питтинги).

**1.3 Причины возникновения и пропусков дефектов в процессе производства**

Кроме проблемы наличия дефектов, существует еще одна не менее важная, – это пропуски дефектов во время контрольных операций.

Пропуски дефектов в изделиях могут возникать из-за ряда причин, связанных с управлением процесса. Основным фактором, влияющим на пропуски дефектов, является квалификация, аттестация и обучение персонала, а также добросовестное выполнение дефектоскопистом своей работы.

В последние десятилетия произошли крупные изменения в управлении бизнесом, все большее количество фактов и результатов исследований говорит о том, что на первое место по влиянию на долгосрочный успех предприятия выходит человеческий фактор. Хорошо обученный, правильно организованный и мотивированный персонал определяет судьбу предприятия. Это осознали и в США, и в Европе, и в Японии. Мотивация и обучение персонала приводят к созданию нового климата и изменению корпоративной культуры компании в направлении формирования производственных отношений на основе принципов ТОМ.

Компании должны приступить к строительству новых корпоративных культур, в том числе определиться со свей миссией, видением развития, руководящими принципами и ценностями.

Главный вывод — вживление TQM в менеджмент организаций и компаний невозможно без глубоких изменений корпоративной культуры. TQM нельзя внедрить, его можно только вырастить.

Повышение роли персонала и изменение отношения к нему предпринимателей и менеджеров связано, прежде всего, с кардинальными изменениями в производстве. Традиционная технология постепенно уступает место гибким производственным комплексам, робототехнике, наукоемкому производству, основанному на компьютерной технике и современных условиях связи, био- и лазерной технологии. Вследствие их внедрения сокращается численность персонала, повышается удельный вес специалистов, руководителей, и рабочих высокой квалификации. Изменяется и содержание трудовой деятельности. В целом уменьшается роль навыков физического манипулирования предметами и средствами труда и возрастает значение навыков концептуальных, имеются в виду умение в целостной системе представить сложные процессы, вести диалог с компьютером, понимание статистических величин. Приобретают особое значение внимательности и ответственность, навыки общения, устной и письменной коммуникации. Расширение полномочий на рабочем месте, контроль за производственным процессом самого работника с вытекающими последствиями для мотивации и управления персоналом — главная отличительная черта современности.

Незнание участников производственного процесса, т.е. предыстории контроля и отсутствие информации об отклонении регламентированных условиях технологического процесса приводит к задержке времени контроля и неправильному пониманию самого процесса.

В последние десятилетия произошли крупные изменения в управлении бизнесом, все большее количество фактов и результатов исследований говорит о том, что на первое место по влиянию на долгосрочный успех предприятия выходит человеческий фактор. Хорошо обученный, правильно организованный и мотивированный персонал определяет судьбу предприятия. Это осознали и в США, и в Европе, и в Японии. Мотивация и обучение персонала приводят к созданию нового климата и изменению корпоративной культуры компании в направлении формирования производственных отношений на основе принципов ТОМ.

Компании должны приступить к строительству новых корпоративных культур, в том числе определиться со свей миссией, видением развития, руководящими принципами и ценностями.

Главный вывод — вживление TQM в менеджмент организаций и компаний невозможно без глубоких изменений корпоративной культуры. TQM нельзя внедрить, его можно только вырастить. Повышение роли персонала и изменение отношения к нему предпринимателей и менеджеров связано, прежде всего, с кардинальными изменениями в производстве. Традиционная технология постепенно уступает место гибким производственным комплексам, робототехнике, наукоемкому производству, основанному на компьютерной технике и современных условиях связи, био- и лазерной технологии. Вследствие их внедрения сокращается численность персонала, повышается удельный вес специалистов, руководителей, и рабочих высокой квалификации. Изменяется и содержание трудовой деятельности. В целом уменьшается роль навыков физического манипулирования предметами и средствами труда и возрастает значение навыков концептуальных, имеются в виду умение в целостной системе представить сложные процессы, вести диалог с компьютером, понимание статистических величин. Приобретают особое значение внимательности и ответственность, навыки общения, устной и письменной коммуникации. Расширение полномочий на рабочем месте, контроль за производственным процессом самого работника с вытекающими последствиями для мотивации и управления персоналом — главная отличительная черта современности. Документация дает возможность передать смысл и последовательность выполнения процессов.

Недостаточная документированность процесса приводит к тому, что выдача и прием каких либо заданий происходит на словах неподтвердждаясь соответствующими документами, впоследствии это приводит к разногласиям между сотрудниками лаборатории.

Неправильный выбор методов контроля и обработка результатов, а также применение ручного контроля приводит не только к пропускам дефектов, но и к перебраковке.

**1.4 Факторы, влияющие на качество неразрушающего контроля изделий**

Комплексный подход к управлению качеством неразрушающего контроля предусматривает, с одной стороны, учет влияния всех компонентов разработки и технологической цепочки создания продукции, а с другой – управление функциональным качеством контроля.

Как видно, система качества контроля должна воздействовать на большое число факторов на всех этапах процесса, от планирования до использования результатов контроля.

В свою очередь, качество планирования контроля зависит от многих факторов, связанных с уровнем маркетингового мониторинга, политики организации в области качества, установленных требований к продукту, процессу и их качества.

Качество обеспечения контроля определяется, тем каковы персонал, оборудование, информационная система организации, ее метрологическое обеспечение, состояние входного контроля качества материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, как строится организацией стратегия на обеспечение качества выполнения контроля.

На качество выполнения контроля влияют уровень менеджмента, организация труда персонала и его мотивация к высококачественному труду, организация и методы использования средств производства и проведения контроля.

Все большее значение для современных организаций приобретает обеспечение качества использования результатов контроля по назначению. Для этого необходимо управлять такими факторами, как качество ремонтов и техническое обслуживание, оказывать эффективную информационную помощь потребителям в использовании продукта труда по назначению, поддерживать постоянную связь с клиентами.

**1.5 Недостатки организации системы контроля на предприятиях**

Основными задачами службы контроля являются: систематически, своевременно и качественно контролировать качество поступающих материалов и изделий, технологические (монтажные) работы, качества изготавливаемой продукции, техническое состояние изделий в процессе эксплуатации с использованием необходимых способов и средств контроля в соответствии с требованием действующей документации; предотвращать передачу дефектной продукции для выполнения последующих технологических операций или сдачу ее заказчику; способствовать повышению качества конструкторских, технологических, монтажных, ремонтных и других работ; производить приемку выполненных операций и работ с оформлением необходимой технической документацией и участвовать в сдаче материалов и изделий заказчику; разрабатывать организационно-технические мероприятия, направленные на предотвращение брака и улучшение качества разработки и изготовления, а также на повышение технического уровня эксплуатации изделий [9].

Структуры управления на многих современных предприятиях были построены в соответствии с принципами управления, сформулированными еще в начале XX века. Наиболее полную формулировку этих принципов дал немецкий социолог Макс Вебер (концепция рациональной бюрократии):

- принцип иерархичности уровней управления, при котором каждый нижестоящий уровень контролируется вышестоящим и подчиняется ему;

- вытекающий из него принцип соответствия полномочий и ответственности работников управления месту в иерархии;

- принцип разделения труда на отдельные функции и специализации работников по выполняемым функциям;

- принцип формализации и стандартизации деятельности, обеспечивающий однородность выполнения работниками своих обязанностей и скоординированность различных задач;

- вытекающий из него принцип обезличенности выполнения работниками своих функций;

- принцип квалификационного отбора, в соответствии с которым найм и увольнение с работы производится в строгом соответствии с квалификационными требованиями.

Организационная структура, построенная в соответствии с этими принципами, получила название иерархической или бюрократической структуры. Наиболее распространенным типом такой структуры является линейно-функциональная (линейная структура).

Основы линейных структур составляет так называемый "шахтный" принцип построения и специализация управленческого процесса по функциональным подсистемам организации (маркетинг, производство, исследования и разработки, финансы, персонал и т.д.). По каждой подсистеме формируется иерархия служб ("шахта"), пронизывающая всю организацию сверху донизу [12]. Результаты работы каждой службы оцениваются показателями, характеризующими выполнение ими своих целей и задач. Соответственно строится и система мотивации и поощрения работников. При этом конечный результат (эффективность и качество работы организации в целом) становится как бы второстепенным, так как считается, что все службы в той или иной мере работают на его получение.

Ярким примером иерархической структуры, линейного типа управления предприятием является структура ОАО «Тяжпромарматура» (Приложение 1). Рассмотрим часть этой схемы, а точнее структуру управления центральной заводской лабораторией (ЦЗЛ).

ЦЗЛ является самостоятельным структурным подразделением, осуществляющим руководство всеми имеющимися на предприятии лабораториями. Возглавляется начальником лаборатории, который назначается и освобождается приказом генерального директора по предоставлению кадровой службы согласованно с директором по качеству. Начальник ЦЗЛ непосредственно подчиняется директору по качеству.

Лаборатория неразрушающих методов контроля (ЛНМК) является частью структуры ЦЗЛ. Руководит ЛНМК – начальник лаборатории, основной функцией которого является организация работы лаборатории в соответствии с политикой предприятия в области качества, требованиями НТД, технологических инструкций и инструкций по ТБ. Основными обязанностями начальника лаборатории являются: обеспечивать четкое, своевременное и качественное выполнение заданий; совместно с другими службами предприятия участвовать в разработке мероприятий по улучшению качества продукции и повышению производительности труда; участвовать во внедрении в производство новых технологических процессов и оборудования лаборатории, обеспечивающих качество продукции.

Человек является центральной фигурой в системе управления качеством как организационной системы управления. Практически управление качеством начинается и заканчивается человеком, т.е. он и субъект, и объект управления в системе управления качеством. Человек — наиболее сложный элемент, действующий в различных сферах: принятие решений, создание новой техники, добыча и создание сырья, создание технологии, обслуживание приборов, машин и станков, управление и многие другие. Поэтому все основные категории теории управления качеством не должны рассматриваться отвлеченно от особенностей человека.

Как считают специалисты в области управления качеством, в среднем 95% проблем организаций в области качества в конечном счете связаны с человеком, его образом мышления, его мотивацией. Это подтверждает тезис о приоритетной роли человека в системе качества. В связи с этим особое значение в системе менеджмента качества имеет стиль управления и культура организации.

Интеграция всеобщего управления качеством и управления кадрами подразумевает переход к новому стилю руководства. Традиционный стиль руководства может быть описан следующими принципами:

* решения принимаются только наверху;
* каждое лицо ответственно только за свою собственную работу;
* общение медленное и исходит от руководства;
* минимальная связь между подразделениями;
* внимание служащего сфокусировано на вершину (на начальника);
* руководство определяет, как выполнять задания;
* руководство не ожидает, что его персонал будет в достаточной степени мотивирован к качественному труду.

Таким образом, исключительная роль человека в решении проблем организации контроля очевидна, и это необходимо учитывать, формируя систему управления качеством неразрушающего контроля.

Технические средства НК включают в себя аппаратурную часть, программное обеспечение и эксплуатационно-техническую документацию. К сожалению, разработкам необходимой технологической документации, методикам, исследованию оптимальных процедур НК уделяется явно недостаточное внимание.

Контрольно-диагностические операции следует рассматривать как важнейший, обеспечивающий качество технологический передел со всеми вытекающими из этого выводами. От правильного выбора НК в большой степени зависит эффективность конечного результата - долговременная работоспособность объектов при минимальных затратах. В качестве примера можно привести применяющийся до сих пор метод испытания труб большого диаметра с помощью гидропрессов, для которого необходимо строить специальные цехи и многотонное испытательное оборудование. В то же время автоматизированный ультразвуковой дефектоскоп позволяет выявить дефекты с большей достоверностью, чем гидроиспытания, при этом затраты на контроль уменьшаются в сотни раз. Алгоритмы испытаний должна формировать диагностическая технология с тем, чтобы определить, что и как следует применять. Именно технология должна минимизировать диагностические параметры, методы и средства, обеспечивающие достоверность определения аномального события.

Можно утверждать, что нет ни одного безошибочного метода контроля. Могут встречаться непредвиденные условия эксплуатации, поэтому диагностические технологии должны быть «избыточными» в отношении применения комплекса различных по физической сути методов и приемов НК, которые бы дополняли друг друга для обеспечения максимальной гарантии качества изделия.

Технология должна предусматривать спектр различных конструкций контрольно-диагностических приборов - от ручного до автоматизированного исполнения при рациональном сочетании их применения в процессах производства, испытаний и эксплуатации объектов. Она должна иметь библиотеку алгоритмов и программ диагностирования, выполненных применительно к конкретным изделиям, операциям и задачам обнаружения дефектов.

Самый **важный момент - принятие решения о несоответствии изделия предъявляемым требованиям и прекращении его эксплуатации или функционирования** - должен быть особо отмечен и научно обоснован в технологии. Фундаментом этого решения является предварительно набранный статистический материал.

Диагностические технологии необходимо предварительно опробовать, они не могут содержать неразумных требований в виде "не допускаются никакие виды дефектов", должны работать только на опережение, надежно распознавать предаварийную ситуацию, никаким образом не допускать аварийной эксплуатации изделий. **Главным становится** не вычисление размеров дефектов (дефектометрия), а **определение остаточного ресурса объекта контроля,** степени риска его эксплуатации.

**Глава 2. Совершенствование системы контроля на основе процессного подхода**

В современной практике моделирования управленческой и производственной деятельности для обозначения объектов моделирования принято использовать термин «бизнес-процесс». В МС ИСО 9000:2000 принят термин «процесс». Развитие и распространение двух областей знания постепенно привело к сближению этих понятий. Поэтому в данной работе процесс неразрушающего контроля описан как бизнес-процесс.

Методики моделирования и анализа бизнес-процессов являются в настоящее время одним из важнейших инструментов повышения эффективности бизнеса. Использование подобных методик и программных средств имеет своей конечной целью реорганизацию бизнес-процессов и, как следствие увеличение выручки, сокращение затрат на производство продукции и услуг, повышение качества продукции, оптимальное использование оборотного капитала, внедрение систем автоматизации и многое другое. Так или иначе, выполняемые в организациях проекты связаны с разработкой и внедрением новых систем управления или их элементов. Как правило, руководители организаций ожидают от внедрения значительного улучшения деятельности, например, сокращения затрат. Однако практический результат от внедрения систем трудно измерим.

Одним из основополагающих принципов построения системы МК является принцип процессного подхода. В соответствии с ним производство продукции, услуг и управление предприятием рассматриваются как совокупность взаимосвязанных процессов, а каждый процесс — как совокупность целенаправленных операций, преобразующих входы процесса в выходы и имеющих своих поставщиков и потребителей. Реализация этого принципа кардинально изменяет сложившийся подход к управлению, основу которого составляет иерархическая организационная структура.

Процессный подход предполагает:

– выявление и идентификацию существующих процессов;

– анализ, проектирование новых или перепроектирование (реформирование или реинжиниринг) существующих процессов;

Методология моделирования бизнес-процессов IDEF0, на мой взгляд, предназначена для описания процессов верхнего уровня. Описывая такие процессы, аналитик уделяет огромное внимание управлению процессами, обратным связям по управлению и информации. Приведем основные преимущества и недостатки методологии IDEF0.

|  |  |
| --- | --- |
| **Преимущества** | **Недостатки** |
| Полнота описания бизнес-процесса (управление, информационные и материальные потоки, обратные связи)Комплексность при декомпозиции (мигрирование и туннелирование стрелок)Возможность агрегирования и детализации потоков данных и информации (разделение и слияние стрелок)Наличие жестких требований методологии, обеспечивающих получение моделей процессов стандартного видаПростота документирования процессовСоответствие подхода и описания процессов в IDEFO МС ИСО 9000:2000. | Сложность восприятия (большое количество стрелок)Большое количество уровней декомпозицииТрудность увязки нескольких процессов, представленных в различных моделях одной и той же организации |

Важнейшей характерной чертой IDEF0 является полнота описания бизнес-процесса, которая достигается за счет наличия средств, отображающих управляющие воздействия, обратные связи по управлению и информации. Методология IDEF0 представляет аналитику возможность не заботиться о комплексности декомпозиции путем использования механизмов мигрирования и туннелирования стрелок. Такой механизм обеспечивает связность создаваемых диаграмм между собой. Кроме того, она делает модель процесса наглядной. Использование возможности разделения и слияния стрелок также способствует созданию более наглядных и проработанных моделей. Резюмируя, можно сказать, что жесткие требования по формированию моделей в IDEF0 в сочетании с гибкими средствами представления потоков информации и ресурсов, обеспечивают создание IDEFO-моделей стандартного вида.

Основным преимуществом методологии IDEF0 является также соответствие формата представления процесса в IDEF0 определению процесса МС ИСО 9000:2000, что позволяет выбирать IDEF0 в качестве внутреннего стандарта организации, регламентирующего описание бизнес-процессов.

К недостаткам IDEF0 можно отнести сложность восприятия схем процессов сотрудниками организации, особенно руководителями. Следует отметить, однако, что эффективное применение любой нотации предполагает обучение как сотрудников, так и руководителей умению читать и анализировать схемы процессов.

Кроме того, применяя IDEF0, сложно увязывать между собой модели нескольких процессов (например, сбыт и производство) при необходимости создания отдельных моделей для каждого из этих процессов. Однако недостаток является, скорее, техническим и может быть устранен путем предварительных договоренностей о правилах моделирования.

**2.1 Место НК в процессе производства**

Для металлургической промышленности одной из основных задач является улучшение качества черных и цветных металлов. Успешное решение этой задачи во многом зависит от условий работы заводских лабораторий, играющих большую роль в развитии новой техники, а также в освоении, внедрении и разработки прогрессивных технологических процессов и метод контроля.

Основные преимущества методов НК выявляются при применении их в серийном производстве, тем более что на ряде предприятий начинает ощущаться значительное отставание производительности труда на этих операциях по сравнению с операциями производства.

Об удельном весе контрольных операций в технологическом процессе свидетельствуют, например такие цифры. На металлургических предприятиях, выпускающих трубы, на контроле занято 18-20% рабочих (тем больше, чем выше требования к качеству изделий), при этом разрушению подвергается 10-18% труб от партии . На машиностроительных заводах количество разрушенных деталей может достигать 20-25% от партии, поскольку из деталей изготовляют образцы для механических и металлографических испытаний после литья и термической обработки, после механической и окончательной обработки и т.д.

Широкое применение неразрушающих методов контроля позволит избежать столь больших потерь времени и материальных затрат, а также обеспечить полную или частичную автоматизацию контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности продукции. Ни один прогрессивный технологический процесс получения ответственной продукции не рекомендуется для внедрения в промышленность без соответствующей системы неразрушающего контроля. Рассмотрим последовательность контрольных операций, в том числе и НК в процессе производства.

Процесс контроля качества производственного процесса состоит из ряда последовательных операций, которые включают проверку определенных элементов изделия. Каждая операция процесса контроля, в свою очередь, состоит из отдельных контрольных действий. Систему контрольных действий, выполненных в строго определенной последовательности, которая приводит к решению задачи контроля качества готового изделия, будем называть алгоритмом.

Алгоритмы контроля качества конструкторских документов формулируют с помощью языка схем. Каждое действие изображают в схеме в виде некоторого символа, внутри которого описывают содержание действия. Это описание приводят в виде текста. В схемах алгоритмов употребляют стандартные символы, указанные в таблице (СТП 0707. 12.5.001–2003).

Таблица 2

**Стандартные символы, применяемые в схемах алгоритмов контроля качества**

|  |  |
| --- | --- |
| Обозначение символа | Наименование символа |
|  | Вход материала |
|  | Входной контроль |
|  | Производственный процесс, не меняющий механических свойств и химического состава продукции |
|  | Специальный процесс – производственный процесс, меняющий механические свойства и/или химический состав продукции и требующий утверждения |
|  | Контроль в процессе производства |
|  | Испытания |
|  | Неразрушающий контроль |
|  | Окончательный контроль |
|  | Склад |
|  | Выход готовой продукции |

В процессе формирования алгоритмов контроля качества производственного процесса эти символы имеют определенное назначение.

Символ алгоритма контроля соответствует алгоритму контроля тематически связанных элементов производственного процесса. Внутри символа записывают название алгоритма. Стрелка направлена к следующему символу.

Символ контрольного действия обозначает контрольное действие, содержание которого записано внутри символа.

**К1** – входной контроль материалов и комплектующих выполняется по СТП 0707. 12.2.001.

**К6** – выполняется работниками цеха и ОТК при передаче заготовок из термического отделения заготовительного цеха в механосборочные цеха и включает в себя проверку режимов термообработки, визуальный контроль поверхности заготовок, соответствие физико-механических свойств, маркировки и требованиям СПТ 0707.11.001, количества заготовок.

**К7** - выполняется работниками цеха и ОТК в процессе сварки/наплавки и передаче заготовок, деталей, узлов, на дальнейшую обработку включает в себя контроль режимов сварки, визуальный и измерительный контроль сварного соединения, проверку соответствия маркировки по СТП 0707.11.001,. Форма документирования - запись в журнале ОТК (рекомендуемая форма УТК-23, 43, 109), отметка в сопроводительном паспорте.

**К10** - выполняется работниками цеха и ОТК после сборки узлов, предназначенных для дальнейшей механической обработки, и включает в себя контроль геометрических размеров и качества сборки на соответствие требованиям НТД. Форма документирования - регистрация в журнале ОТК (рекомендуемая форма УТК-3, 100), отметка в сопроводительной накладной.

**К13** - выполняется дефектоскопистами ЦЗЛ и включает в себя проверку качества поверхности и/или сварного шва неразрушающими методами контроля. Форма документирования - запись в журнале ЦЗЛ, заключение лабораторных испытаний.

**К14** - выполняется в процессе сборки изделий и узлов арматуры (работниками цеха и ОТК и включает в себя контроль установленных технологическими процессами параметров и их соответствие требованиям НТД. Форма документирования - запись в журнале сборки и испытаний.

**К17** - выполняется технологом цеха и работниками ОТК в ходе обработки, подготовке к сборке, окраске и монтажу модельной оснастки и тары включает в себя контроль соблюдения технологического процесса. Форма документирования – запись замечаний в журнале ОТК (рекомендуемая форма УТК-18).

**2.2 Организация неразрушающего контроля**

Построим систему управления каждым процессом и всей сетью процессов, созданных в организации. Информация о процессе контроля является таким же ресурсом, как персонал, среда и инфраструктура. Потребители этой информации – владелец процесса и руководитель. Показатели, характеризующие процесс выбрали исходя из следующих требований:

– адекватность, полнота и объективность отражения существующего положения дел;

– возможность сбора и обработки данных с установленной периодичностью;

– трудозатраты на сбор и обработку не превышают ценности информации (полезность сбора данных);

– система показателей охватывает качественные и количественные характеристики процесса;

– форма предоставления информации максимально понятна.

К показателям относят все параметры, которые характеризуют продукт: функциональные показатели, характеристики надежности, показатель безопасности и наличие дополнительных услуг.

Каждый из владельцев процессов представляет руководителю для анализа и оценки эффективности деятельности документ под условным названием “справка о ходе процессе неразрушающего контроля” следующего содержания:

– показатели продукта основного процесса (оценка результативности – достигнут или нет результат процесса);

– показатели хода процесса выполнения контроля;

– показатели удовлетворенности потребителя;

– отчет о выполнении корректирующих и предупреждающих действий по действии обнаруженным и прогнозируемым дефектам;

– информация об изменении, которые могут повлиять на качество контроля и рекомендациях по его улучшению.

**2.3 Проведение процесса дефектации и управление несоответствующей продукцией**

Основным объектом диаграммы процессов в нотации IDEFO является объект ACTIVITY. Графически он представляет собой четырехугольник, изображающий функции, выполняемые в организации. Каждую функцию (процедуру, работу) можно рассматривать в качестве некоторого процесса. На верхнем уровне каждый процесс может быть рассмотрен как «черный ящик», преобразующий входящие ресурсы в исходящие. Такое определение физически совпадает с определением процесса в МС ИСО 9000:2000.

Второй основной составляющей стандарта IDEFO являются стрелки, входящие в функцию слева, служат для описания потоков материальных ресурсов или потоков информации, документов. В нашем случае имеется в виду сам объект и документ на контроль (заявка).

Входящие ресурсы преобразуются функцией (процессом контроля). Результатом этого преобразования являются готовые изделия и информация, которая показываются в виде стрелок, выходящих из правой стороны четырехугольника, т.е. контролируемые объекты в процессе неразрушающего контроля преобразуются в готовые изделия и имеют соответствующую информацию в виде заключения.

Для выполнения любой реальной работы необходимы основные средства, инструменты, персонал, программные продукты и т.д. Все эти ресурсы отображаются на диаграмме стрелками, входящими в четырехугольник снизу [10].

Что еще необходимо показать на диаграмме для того, чтобы можно было описать реальный процесс контроля? Следует отобразить управляющие воздействия, которые определяют порядок выполнения работы, управляют работой. Такими воздействиями являются, устное распоряжение руководителя, нормативный документ, государственный, отраслевой стандарт, технические условия и т.д. Управляющие воздействия показываются на диаграмме стрелками сверху. Любое управляющее воздействие существует в виде определенной информации, поэтому стрелки сверху в нотации IDEF0 обозначают управляющие информационные потоки.

Следует подчеркнуть, что порядок отображения стрелок строго соблюдаться при формировании моделей. Каждая сторона четырехугольника определяет тип стрелки. Нарушать эти правила нельзя. В противном случае создаваемые модели не только не соответствуют стандарту, но их невозможно будет читать.

Все стрелки начинаются от края диаграммы и подходят к функциям. Таким образом, край диаграммы в IDEF0 имеет глубокий смысл. Диаграмма IDF0 проведение процесса дефектации приведена на ПЛ 9.

Предприятие обеспечивает, чтобы продукция, которая не соответствует требованиям, была идентифицирована и управлялась с целью предотвращения непреднамеренного использования или поставки. Средства управления, соответствующая ответственность и полномочия для работы с несоответствующей продукцией определены в документированной процедуре.

Организация должна решать вопрос с несоответствующей продукцией одним или несколькими следующими способами:

– осуществлять действия с целью устранения обнаруженного несоответствия;

– санкционировать, где это применимо, ее использование, выпуск или приемку, если имеется разрешение на отклонение от соответствующего полномочного органа и потребителя;

– осуществлять действия с целью предотвращения ее первоначального предполагаемого использования или применения.

Записи о характере несоответствий и любых последующих предпринятых действиях, включая полученные разрешения на отклонения, поддерживаются в рабочем состоянии.

Когда несоответствующая продукция исправлена, она подвергнута повторной верификации для подтверждения соответствия требованиям. Если несоответствующая продукция выявлена после поставки или начала использования, руководитель процесса предпринимает действия, адекватные последствиям (или потенциальным последствиям) несоответствия.

Организация должна определять, собирать и анализировать соответствующие данные для демонстрации пригодности и результативности системы менеджмента качества, а также оценивать, в какой области можно осуществлять постоянное повышение результативности системы менеджмента качества. Данные должны включать ин Анализ данных должен предоставлять информацию по:

– удовлетворенности потребителей;

– соответствию требованиям к продукции;

– характеристикам и тенденциям процессов и продукции, включая возможности проведения предупреждающих действий;

–поставщикам.

Организация должна постоянно повышать результативность системы менеджмента качества посредством использования политики и целей в области качества, результатов аудитов, анализа данных, корректирующих и предупреждающих действий, а также анализа со стороны руководства.

Организация должна предпринимать корректирующие действия с целью устранения причин несоответствий для предупреждения повторного их возникновения. Корректирующие действия должны быть адекватными последствиям выявленных несоответствий.

Должна быть разработана документированная процедура для определения требований:

– к анализу несоответствий (включая жалобы потребителей);

– к установлению причин несоответствий;

– оцениванию необходимости действий, чтобы избежать повторения несоответствий;

– к определению и осуществлению необходимых действий;

– к записям результатов предпринятых действий;

– к анализу предпринятых корректирующих действий.

Организация должна определить действия с целью устранения причин потенциальных несоответствий для предупреждения их появления. Предупреждающие действия должны соответствовать возможным последствиям потенциальных проблем.

Должна быть разработана документированная процедура для определения требований:

– к установлению потенциальных несоответствий и их причин;

– к оцениванию необходимости действий с целью предупреждения появления несоответствий;

– к определению и осуществлению необходимых действий;

Руководству следует обеспечивать , чтобы изменения, вносимые в процесс, были одобрены, спланированы, получили материально-техническую поддержку и управлять в целях заинтересованных сторон.

**Глава 3. Перспектива автоматизации системы неразрушающего контроля изделий на предприятиях машиностроительного профиля**

**3.1 Комплексная технология АУЗК**

В связи с высоким техническим уровнем современного производства методом и средством НК предъявляют высокие требования по быстродействию, механизации и автоматизации контрольных операций.

Такие методы, как радиографический, рентгенотелевизионный, магнитнопорошковый, ультразвуковой и другие, результаты которых оператор оценивает визуально по выходным характеристикам, автоматизированы не полностью. Создание автоматизированных систем обработки изображения для указанных методов – наиболее актуальная задача.

Как правило, стоимость и объем работ по созданию механизмов автоматизированных СНК значительно превышают затраты на приборную часть. Работа всех входящих в них устройств должна быть тщательно согласована с работой основного технологического оборудования. Они должны создаваться организациями-разработчиками основного технологического оборудования с учетом всех особенностей производственного процесса (климатических условий, производительности, вибрации, загрязнений, ударных нагрузок, износостойкости и т.д.).

Процесс разработки и проектирования автоматизированных систем НК не должен отдаляться во времени от процесса разработки основного оборудования для производства. Системы НК, предназначенные для работы в полевых условиях, также должны иметь механические приспособления, увеличивающие их производительность и обеспечивающие удобство в эксплуатации. Такими механическими приспособлениями являются устройства для правильной установки изделия и преобразователя относительно друг друга, для перемещения преобразователя по поверхности изделия и др. Автоматизированные системы неразрушающего контроля могут использоваться как самостоятельные устройства для входного, выходного или после операционного контроля продукции.

АУЗК позволяет проводить периодический УЗК (мониторинг) изделий. Отметим, что изображения дефектов являются промежуточным результатом экспертного контроля. Их анализ заканчивается составлением протокола контроля, в котором отражен тип несплошности и координаты его залегания.

Указанные выше особенности акустических изображений, полученных в результате когерентной обработки данных, позволяет применять комплексную технологию [3] контроля сварных соединений и осуществлять анализ качества сварных швов с учетом влияния дефектов на прочность шва.

На первом этапе проводится поисковой контроль по стандартным методикам ручного (РУЗК) или автоматизированного УЗК (АУЗК). Для исключения случаев пропуска («недобраковки») опасных дефектов плоскостного типа уровень чувствительности фиксации увеличивается в сравнении со стандартными методиками на 6-12 дБ. Если амплитуда эхо-сигнала от отражателя не достигает уровня фиксации, то шов признается годным и пропускается в эксплуатацию.

В противоположном случае на втором этапе проводится автоматизированный измерительный (экспертный) УЗК с помощью систем серии «Авгур» с целью определения типа и размера дефектов. Экспертному контролю подвергаются те участки, где на первом этапе были обнаружены отражатели с амплитудой эхо-сигналов, достигающей уровень фиксации. По трехмерным изображениям несплошностей, полученным после обработки и анализа, данных экспертного контроля, составляются заключения о размерах и типе дефектов (несплошностей).

На третьем этапе информация о параметрах дефектов используется для прочностного расчета ресурса работы сварного шва с учетом других характеристик, влияющих на ресурс. Если по расчетам запас прочности таков, что имеется возможность дальнейшей эксплуатации, шов допускается в работу оборудования. В противном случае шов отправляется в ремонт.

Данная технология ультразвукового диагностирования позволяет:

* проводить мониторинг развития дефектов в процессе эксплуатации объектов;
* составить базу данных о наличии различного рода допустимых несплошностей (осуществить паспортизацию швов);
* осуществлять эксплуатацию оборудования с «непроходными» (по действующим нормам) дефектам благодаря возможности оценки ресурса работы сварной конструкции по установленным размерам несплошностей и параметрам напряженного состояния;
* значительно повысить надежность выявления дефектов различного типа за счет более высокой чувствительности контроля;
* минимизировать как «перебраковку» благодаря регистрации всей информации о контроле и возможности детального анализа ее оператором в особо сложных и важных случаях.

Для того, чтобы в полной мере реализовать преимущества описанной выше технологии комплексного контроля и мониторинга, необходимо использовать приборы АУЗК, которые значительно повышают надежность УЗК. Кроме того, эти приборы должны позволять выполнять количественный контроль с изменением реальных параметров дефектов с известной погрешностью и возможностью наблюдения за поведением выявленного дефекта в течение длительного времени.

**3.2 Сравнительная характеристика АУЗК и РУЗК**

В качестве примера рассмотрим результаты анализа данных контроля 219 аустенитных сварных швов трубопроводов из нержавеющей стали диаметром 325 мм, выполненного в 1997-200 гг. по штатной методике РУЗК и АУЗК. Все эти швы были первоначально забракованы по данным РУЗК.

Были приведены сравнительные результаты дефектности швов по результатам АУЗК. Оказалось, что из 219 забракованных при РУЗК сварных швов 16 являются бездефектными. Заметим, что длины дефектов по данным РУЗК в этом случае превышали 100-200 мм. Анализ данных показал, что имеют место либо геометрические отражатели, либо аномально большое зерно в аустенитом сварном шве. Таким образом, «перебраковка» для РУЗК составляла около 7-8%.

Вместе с тем, при ручном контроле произошла «перебраковка» швов. Всего в результате АУЗК было обнаружено 345 дефектов различной протяженности и высоты. Их них 218 были выявлены и при РУЗК, и при АУЗК. Таким образом, почти 37% дефектов было дополнительно обнаружено при автоматизированном контроле. На рис. 3 приведено распределение по длине дефектов, обнаруженных штатным РУЗК. Большинство из них (59%) имеет размеры от 10 до 30 мм. Однако из 24% дефектов с длиной свыше 40 мм 12% длиннее 60 мм. Таким образом, при РУЗК возможны пропуски дефектов значительной длины, что может представлять серьезную опасность.

Необходимо отметить, что подобные результаты получены и за рубежом при анализе результатов различных методов НК [8].

Эффективность применения средств НК и Д определяется сокращением суммарных расходов на разработку, производство и эксплуатацию промышленной продукции.

Назначение вновь создаваемого изделия во многом предопределяет конструкцию, технологию изготовления, требования к надежности, долговечности, стоимости, а также объемы применения методов и средств контроля на всех этапах изготовления и эксплуатации.

На стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию изделий средства НК и Д применяют:

•для получения необходимых данных, подтверждающих правильность выбранных решений;

* для сокращения времени и объемов необходимыхисследований;
* для отбора материалов, компонентов и оборудования, обеспечивающих получение продукции необходимого качества с минимальными материальными и трудовыми затратами.

На этом этапе выбирают оптимальные методы и средства контроля, разрабатывают основные технические требования к эталонам и критерии приемки деталей.

На этапе производства и испытаний опытной партии деталей средства НК и Д используют для отработки технологических процессов и конструкций, а также при испытаниях изделий. По результатам контроля вносят изменения в конструкцию и технологические процессы с целью снижения материалоемкости и трудоемкости производства, повышения надежности и долговечности продукции. На этом этапе устанавливают необходимые технические требования к НК и Д качества изделия.

При производстве, испытаниях и гарантийном обслуживании серийной продукции средства НК и Д используют:

* для выявления соответствия материалов, полуфабрикатов и готовых изделий заданным техническимтребованиям (пассивный контроль);
* для целей управления и регулирования технологических процессов (активный контроль).

При эксплуатации и ремонте изделий и оборудования с помощью средств НК и Д предотвращаются поломки и аварии, сокращаются простои и эксплуатационные расходы, увеличиваются сроки эксплуатации и межремонтных периодов, а также сокращаются продолжительность и стоимость ремонтов. На основании результатов НК изделие может быть изъято из эксплуатации. Эффективность применения НК и Д определяется его принципиальными преимуществами по сравнению с визуальным осмотром и разрушающими испытаниями изделий.

Методы контроля, основанные на визуальном осмотре поверхности изделий, просты, не требуют высокой квалификации контролеров и применения сложной дорогостоящей аппаратуры.

В то же время они малопроизводительны, не могут быть полностью автоматизированы и являются субъективными, так как достоверность результатов зависит от самочувствия, опыта и добросовестности контролеров. Дефекты многих видов не имеют выхода на поверхность или не видны даже при просмотре с увеличением.

С помощью НК изделия сортируют по различным группам качества. Разрушающие испытания образцов, взятых из каждой группы, позволяют установить соответствие эксплуатационных характеристик изделия измеренным. Если эти связи установлены достаточно видно, то НК позволяет резко сократить объем и периодичность разрушающих испытаний. В этом случае разрушающие испытания проводятся в основном для периодической проверки результатов НК .

Во многих случаях применения средств НК и Д не дается точно оценить экономический эффект, полученный при эксплуатации проконтролированной продукции, особенно когда контроль направлен на обеспечение необходимой безопасности, надежности и долговечности работы сложных машин и агрегатов. В этих случаях критерии приемки материалов и изделий непосредственно паны с желаемым уровнем качества, который, в свою очередь, зависит от того, насколько важную роль играет данный компонент или узел в изделии. В зависимости от связи между этими факторами могут быть установлены следующие уровни качества:

* первый - для критических компонентов, т.е. для таких конструктивных элементов, отказ которых приводит к отказу всей системы или даже к аварии (например, двигатель или шасси самолета);
* второй - для некритических компонентов, т.е. для конструктивных элементов, отказ которых не приводит к аварии, но может нарушить нормальную работу системы и объекта. Такие компоненты требуют плановых осмотров и ремонта (например, лонжерон или тяга управления самолета);
* третий - для неответственных конструктивных элементов, отказ которых может привести к некоторым удобствам (например, осветительные приборы, предупредительные надписи установок и т.д.).

Установление и определение требуемого уровня качества изделия являются одной из наиболее сложных проблем, которая часто не имеет математического решения.

Для определения приемлемых уровней качества используют теоретические исследования нагрузок и статический анализ экспериментальных данных. В результате эксперимента должны быть выявлены корреляционные или другие виды связи между результатами неразрушающих и разрушающих испытаний. Наиболее часто уровень качества устанавливают, сравнивая деталь с алогичными, успешно применявшимися ранее.

**Заключение**

В результате проведенной работ на основе процессного подхода предложен комплекс средств и мероприятий по повышению эффективности НК в процессе производства изделий машиностроительного профиля.

Такой подход к системе позволит:

- автоматизировать систему неразрушающего контроля деталей и узлов машин, которая позволяет снизить трудоемкость работ,

- повысить эффективность производства за счет уменьшения затрат времени на контроль,

- снизить количество брака в изделиях,

- гарантирует стабильное производство продукции установленного технического уровня и требуемого качества.

**Список использованных источников**

1. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопия материалов и изделий. – К.: Техника, 1989. – 192 с.
2. Денель А.К. Дефектоскопия материалов. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1972 – 303с.
3. В.Й. Домаркас, Э.Л. Пилецкас Ультразвуковая эхоскопия. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1998 – 276 с., ил.
4. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 240с.: ил.
5. Крауткремер, Йозеф, Герберт Ультразвуковой контроль материалов: Справочник/Пер. с нем. Е.К. Бухмана, Л.С. Зенковой; Под ред. В.Н. Волченко. – М.: Металлургия, 1991. – 750, [2]c: ил.; 22 см.
6. Ф.А. Хромченко Справочное пособие электросварщика. – М.: Машиностроение, 2003. – 416 с.; ил.
7. ГОСТ 23829 – 85 Контроль неразрушающий, акустический.
8. ГОСТ 18353 – 79 Классификация акустических методов контроля.
9. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – 2-е издание – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 408 с. илл. – (Серия «Практический менеджмент»).
10. Всеобщее управление качеством: Учебник для Вузов/ О. П. Глудкин, Н.М. Горбунокв и др.; Под ред. О.П. Глудкина. – М: Радио и связь, 1999. – 600с.
11. Корольков В.Ф., Брагин В.В. Процессы управления организацией. – Ярославль: Ред. Из-центр Яртелекома, 2001 – 416 с.
12. Липунцов Ю.П. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2003. – 224с.