

Основные термины и определения технической диагностики регламентированы действующими стандартами, например, российским ГОСТом 20911-89 «Техническая диагностика. Основные термины и определения». Ниже приведены наиболее часто употребляемые термины и определения.

Техническое состояние – это совокупность свойств объекта, определяющих возможность его функционирования и подверженных изменению в процессе производства, эксплуатации и ремонта.

Работоспособный объект – объект, который может выполнять возложенные на него функции.

Зарождающийся дефект – потенциально опасное изменение состояния объекта в процессе его эксплуатации, при котором значение информативного параметра (или параметров) не вышло за пределы допусков, задаваемых в технической документации.

Дефект – изменение состояния объекта в процессе его изготовления, эксплуатации или ремонта, которое потенциально может привести к уменьшению степени его работоспособности.

Неисправность – изменение состояния объекта, приводящее к уменьшению степени его работоспособности.

Отказ – изменение состояния объекта, исключающее возможность продолжения его функционирования.

Параметры состояния – количественные характеристики свойств объекта, определяющие его работоспособность, заданные в технической документации на изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Мониторинг – выполняемые без вмешательства в функционирование объекта процессы измерения, анализа и прогнозирования контролируемых параметров или характеристик объекта с отображением их во времени, сравнением с ретроспективными данными и с пороговыми значениями.

Защитный мониторинг – мониторинг, обеспечивающий в случае возникновения аварийной ситуации прекращение функционирования объекта.

Прогнозирующий мониторинг – мониторинг с прогнозом изменения контролируемых характеристик объекта на время, определяемое длительностью прогноза.

Диагностика (диагностирование) – процесс определения состояния объекта.

Тестовая диагностика – процесс определения состояния объекта по его реакции на внешнее воздействие определенного типа.

Функциональная (рабочая) диагностика – процесс определения состояния объекта без нарушения режима его функционирования.

Диагностические показатели – значения параметров или характеристик объекта, совокупность которых определяет состояние объекта.

Диагностический признак – свойство объекта, качественно отражающее его состояние, в том числе и появление различных видов дефектов.

Диагностический сигнал – контролируемая характеристика объекта, используемая для выявления диагностических признаков. (По диагностическому сигналу могут классифицироваться виды мониторинга и диагностики, например, тепловой или вибрационный мониторинг и диагностика).

Диагностический параметр – количественная характеристика измеряемого диагностического сигнала, входящая в совокупность показателей состояния объекта.

Диагностический симптом – это разность между фактическим и эталонным значениями диагностического параметра.

Технические средства мониторинга – средства, предназначенные для измерения и анализа контролируемых характеристик объекта, а также для прогноза их возможных изменений.

Программное обеспечение для мониторинга – программное обеспечение для поддержки баз данных, выполняемых для мониторинга измерений и/или для управления этими измерениями.

Технические средства диагностики – средства, предназначенные для измерения диагностических параметров и постановки диагноза.

Система мониторинга и диагностики – совокупность объекта, технических средств мониторинга и диагностики, а также (при необходимости) оператора и эксперта, обеспечивающая постановку диагноза и прогноза состояния объекта.

Автоматическая диагностика – процесс определения состояния объекта диагностики без участия оператора по данным измерений, выполненных техническими средствами диагностики либо с помощью оператора, либо автоматически.

Программы автоматической диагностики – программное обеспечение, позволяющее заменить эксперта персональным компьютером при решении типовых диагностических задач.

Диагностика в пространстве состояний – процесс определения состояния объекта по результатам непосредственного измерения параметров состояния.

Диагностика в пространстве признаков – процесс определения состояния объекта по результатам измерения диагностических параметров, определяющих диагностические признаки, в том числе косвенно связанные с параметрами состояния объекта.

Диагностическое правило – совокупность диагностических признаков и параметров, характеризующих появление в объекте определенного вида дефектов или неисправностей и пороговых значений, разделяющих множества бездефектных объектов и объектов с разной величиной дефекта.

Диагностическая модель – совокупность диагностических правил по всем потенциально опасным дефектам в объекте диагностики.

Алгоритм диагностики – совокупность предписаний по выполнению определенных действий, необходимых для постановки диагноза в соответствии с конкретной диагностической моделью объекта.

Диагноз – заключение о состоянии технического объекта.

Прогноз – заключение о степени работоспособности объекта в течение прогнозируемого периода, вероятности его отказа за этот период или об остаточном ресурсе объекта.

Технические средства мониторинга – средства, предназначенные для измерения и анализа контролируемых характеристик объекта, а также для прогноза их возможных изменений.

Программное обеспечение для мониторинга – программное обеспечение для поддержки баз данных, выполняемых для мониторинга измерений и/или для управления этими измерениями.

Технические средства диагностики – средства, предназначенные для измерения диагностических параметров и постановки диагноза.

Система мониторинга и диагностики – совокупность объекта, технических средств мониторинга и диагностики, а также (при необходимости) оператора и эксперта, обеспечивающая постановку диагноза и прогноза состояния объекта.

Автоматическая диагностика – процесс определения состояния объекта диагностики без участия оператора по данным измерений, выполненных техническими средствами диагностики либо с помощью оператора, либо автоматически.

Программы автоматической диагностики – программное обеспечение, позволяющее заменить эксперта персональным компьютером при решении типовых диагностических задач.

Основной принцип технической диагностики

Оценка и прогноз технического состояния объекта диагностики по результатам прямых или косвенных измерений параметров состояния или диагностических параметров и составляет суть технической диагностики.

Само по себе значение параметра состояния или диагностического параметра еще не дает оценки технического состояния объекта. Чтобы оценить состояние машины или оборудования необходимо знать не только *фактические значения* параметров, но и соответствующие *эталонные значения*.

Разность между фактическим θ_{ϕ} и эталонным $\theta_{\text{эт}}$ значениями диагностических параметров называется *диагностическим симптомом*:

$$\Delta = \theta_{\phi} - \theta_{\text{эт}}$$

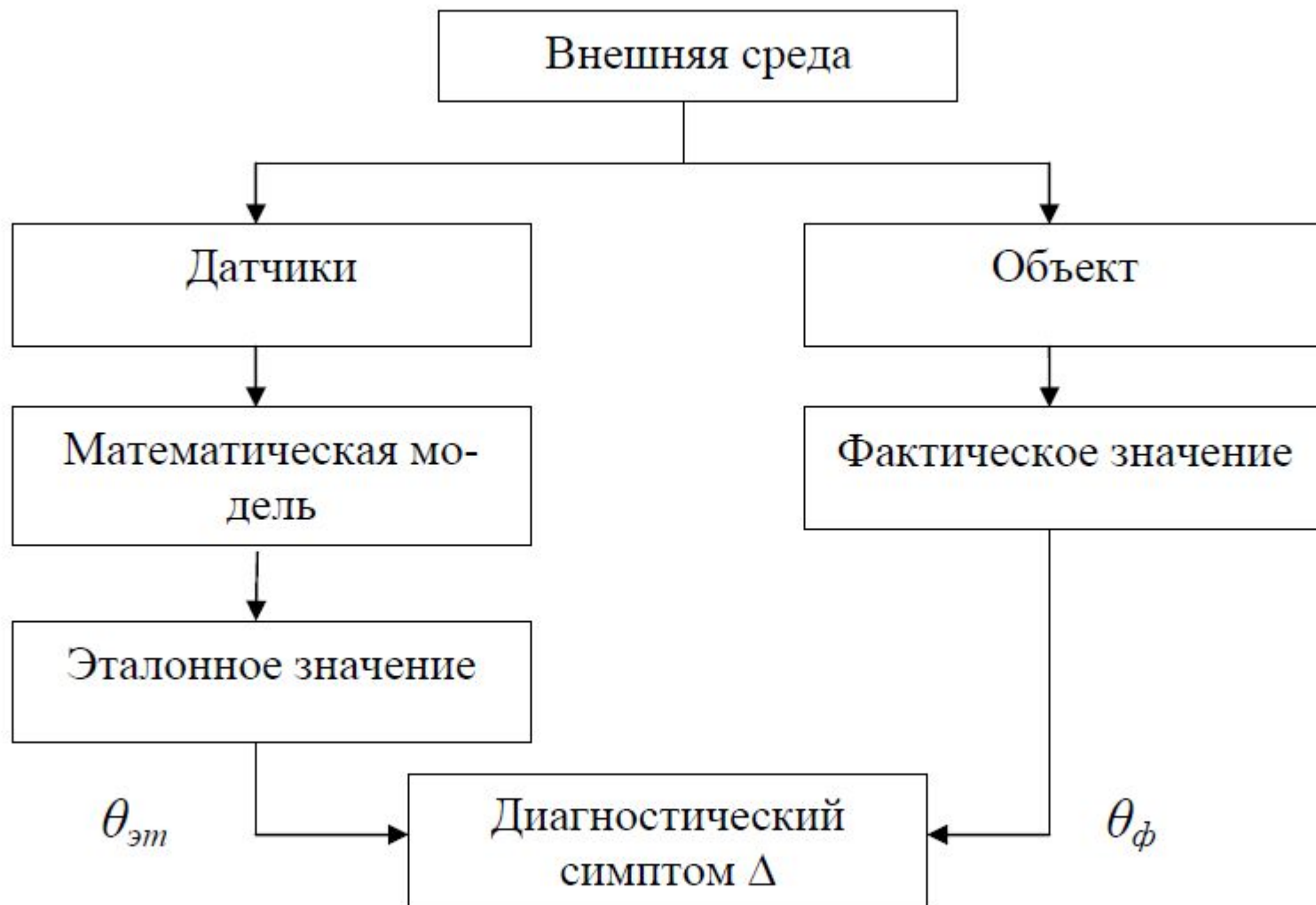


Рис. 1.4. Структурная схема технической диагностики

Основные этапы технической диагностики

Первым этапом оценки технического состояния любого объекта является определение номенклатуры дефектов, которые представляют наибольшую опасность для его функционирования и должны обнаруживаться в процессе диагностики.

Второй этап – это определение совокупности максимально возможных параметров состояния, диагностических признаков и диагностических параметров, которые могут быть измерены для определения технического состояния объекта.

Третий этап оценки технического состояния – это оптимизация совокупности измеряемых параметров состояния и диагностических параметров. Эта совокупность должна отражать развитие всех дефектов, определяющих ресурс контролируемого узла или машины в целом.

Функциональная и тестовая диагностика

Функциональная диагностика осуществляется без нарушения режимов работы объекта, т.е. при выполнении им своих функций.

По способу получения диагностической информации функциональная диагностика подразделяется на вибрационную, тепловую, электрическую и т. п.

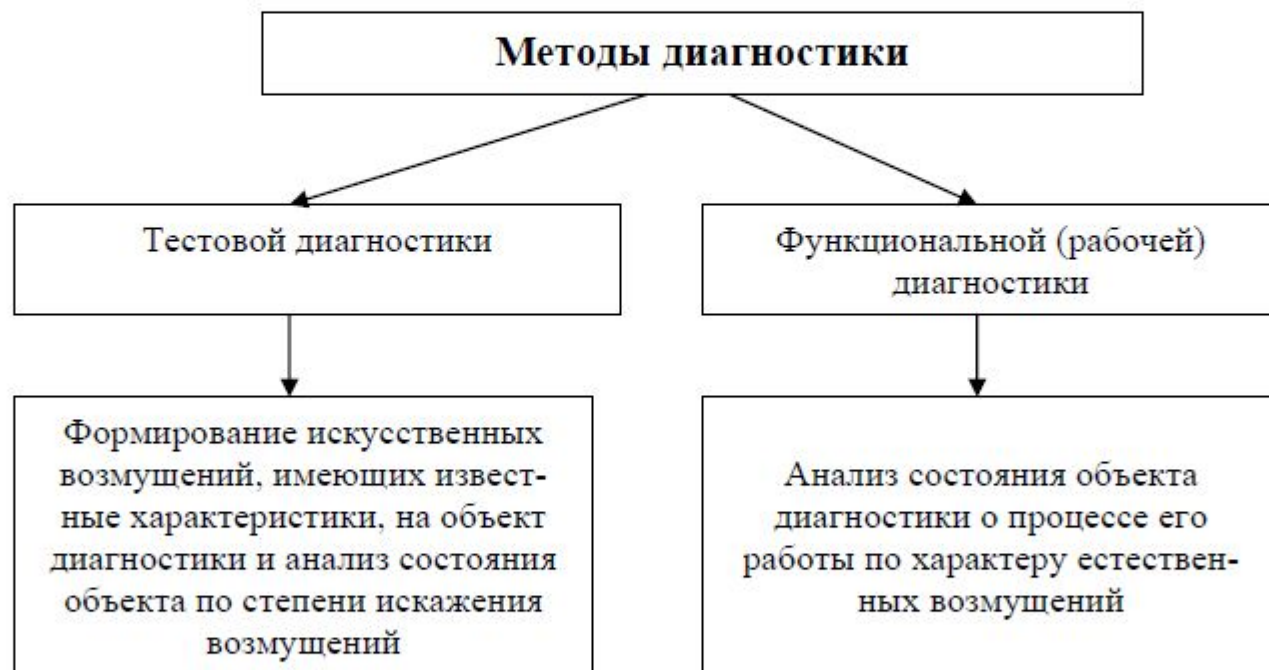


Рис. 1.6. Виды диагностики

Тестовая диагностика – это определение состояния объекта по результатам его реакции на внешнее воздействие. Отличительной особенностью этого вида диагностики является использование источника внешнего воздействия, например, генератора тестовых сигналов



Рис. 1.7. Схема основных операций функциональной и тестовой диагностики

Преимущества разрушающих методов контроля

1) Испытания обычно имитируют одно или несколько рабочих условий. Следовательно, они непосредственно направлены на измерение эксплуатационной надежности.

2) Испытания обычно представляют собой количественные измерения разрушающих нагрузок или срока службы до разрушения при данном нагружении и условиях. Таким образом, они позволяют получить чистовые данные, полезные для конструирования или для разработки стандартов или спецификаций.

3) Связь между большинством измерений разрушающим контролем и измеряемыми свойствами материалов (особенно под нагрузкой, имитирующей рабочие условия) обычно прямая. Следовательно, исключаются споры по результатам испытания и их значению для эксплуатационной надежности материала или детали.

Недостатки разрушающих метода контроля

- 1) Испытания не проводят на объектах, фактически применяемых в эксплуатационных условиях. Следовательно, соответствие между испытываемыми объектами и объектами, применяемыми в эксплуатации (особенно в иных условиях), должно быть доказано иным способом.

- 2) Испытания могут проводиться только на части изделий из партии. Они возможно, будут иметь небольшую ценность, когда свойства изменяются от детали к детали.

- 3) Часто испытания невозможно проводить на целой детали. Испытания в этом случае ограничиваются образцом, вырезанным из детали или специального материала, обладающих свойствами материала детали, который будет применяться в рабочих условиях.

4) Единичное испытание с разрушением может определить только одно или несколько свойств, которые могут влиять на надежность изделия в рабочих условиях.

5) Разрушающие методы контроля затруднительно применять к детали в условиях эксплуатации.

6) Кумулятивные изменения в течение периода времени нельзя измерить на одной отдельной детали. Если несколько деталей из одной и той же партии испытывается последовательно в течение какого то времени, то нужно доказать, что детали были одинаковыми. Если детали применяются в рабочих условиях и удаляются после различных периодов времени, необходимо доказать, что каждая была подвержена воздействию аналогичных рабочих условий, прежде чем могут быть получены обоснованные результаты.

7) Когда детали изготовлены из дорогостоящего материала, стоимость замены вышедших из строя деталей может быть очень высока. При этом невозможно выполнить соответствующее количество и разновидности разрушающих методов испытаний.

8. Многие разрушающие методы испытаний требуют механической или другой предварительной обработки испытываемого образца. Часто требуются крупногабаритные, дающие очень точные результаты, машины. В итоге стоимость испытаний может быть очень высокой, а число образцов для испытаний ограниченным. Кроме того, эти испытания весьма трудоемки и могут проводиться только работниками высокой квалификации.

9. Разрушающие испытания требуют большой затраты человеко-часов. Производство легален сует чрезвычайно дорого, если соответствующие длительные испытания применяются как основной метод контроля качества продукции.

Преимущества неразрушающих методов контроля

1) Испытания проводятся непосредственно на изделиях которые будут применяться в рабочих условиях

2) Испытания можно проводить на любой детали предназначенной для работы в реальных условиях, если это экономически обосновано. Эти испытания можно проводить даже тогда, когда в партии имеется большое различие между деталями.

3) Испытания можно проводить на целой детали или на всех ее опасных участках. Многие опасные с точки зрения эксплуатационной надежности участки детали могут быть исследованы одновременно или последовательно, в зависимости от удобства и целесообразности

4) Могут быть проведены испытания многими НМК каждый из которых чувствителен к различным свойствам или частям материала или детали. Таким образом, имеется возможность измерить столько различных свойств, связанных с рабочими условиями, сколько необходимо.

5) Неразрушающие методы контроля часто можно применять к детали в рабочих условиях, без прекращения работы, кроме обычного ремонта или периодов простоя. Они не нарушают и не изменяют характеристик рабочих деталей.

6) Неразрушающие методы контроля позволяют применить повторный контроль данных деталей в течение любого периода времени.

7) При неразрушающих методах испытания детали, изготовленные из дорогостоящего материала, не выходят из строя при контроле. Возможны повторные испытания вовремя производства или эксплуатации, когда они экономически и практически оправданы.

8) При неразрушающих методах испытаний требуется небольшая (или совсем не требуется) предварительная обработка образцов некоторые устройства для испытаний обладают высоким быстродействием, в ряде случаев контроль может быть полностью автоматизированным.. стоимость НК ниже, чем соответствующая стоимость разрушающих методов контроля.

9) большинство неразрушающих методов испытания кратковременны и требуют меньшей затраты человеко-часов, чем типичные разрушающие методы испытания.

Недостатки неразрушающих методов контроля

1) Испытания обычно включают в себя косвенные измерения свойств, не имеющих непосредственного значения при эксплуатации. Связь между этими измерениями и эксплуатационной надежностью должна быть доказана другими способами.

2) Испытания обычно качественные и редко- количественные. Обычно они не лаки возможности измерения разрушающих нагрузок и срока службы до разрушения лаже косвенно. Они могут, однако, обнаружить дефект или проследить процесс разрушения.

3) Обычно требуется исследования на специальных образцах и исследование рабочих условий для интерпретирования результатов испытания. Там. где соответствующая связь не была доказана. И в случаях, когда возможности методики ограничены, наблюдатели могут не согласиться в оценке результатов испытаний.

Виды неразрушающего контроля

Методы НК основаны на использовании различных физических полей, излучений и веществ для получения информации о качестве исследуемых материалов и изделий.

Согласно ГОСТ 18353–79 *методы НК* классифицируются в соответствии с *физическими процессами взаимодействия* физического поля или вещества с объектом контроля

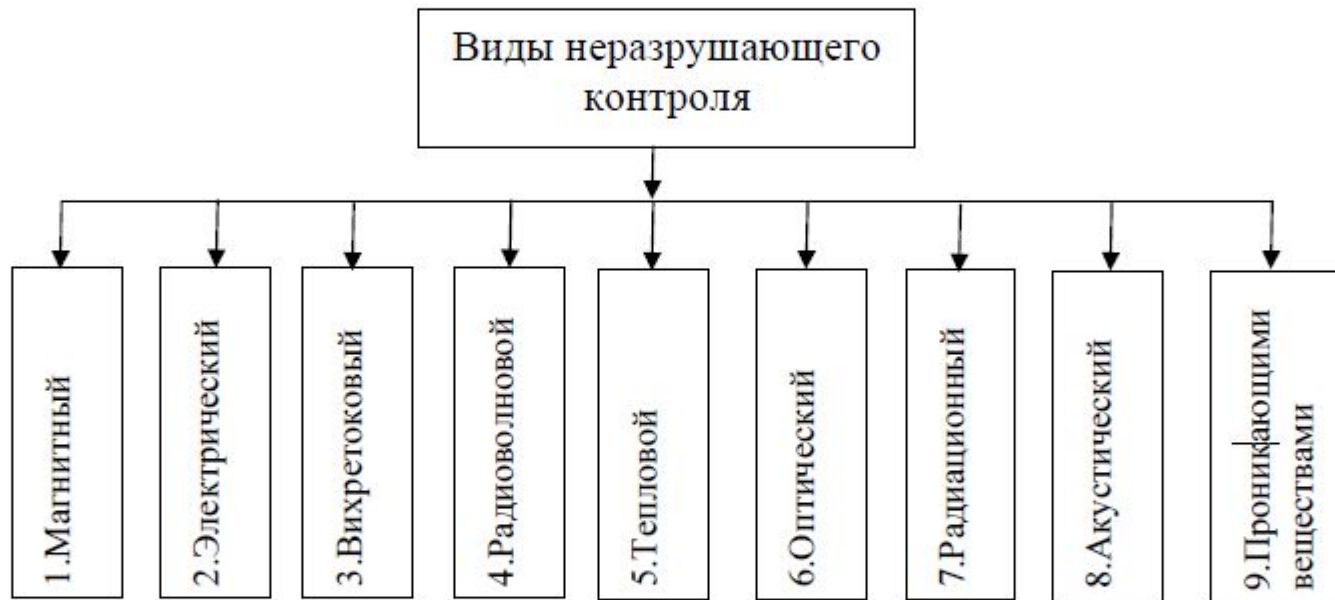


Рис. 1.8. Классификация видов неразрушающего контроля

Вид контроля	Классификация методов НК		
	по характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	по первичному информативному параметру	по способу получения первичной информации
Магнитный	Магнитный	Коэрцитивной силы Намагниченности Остаточной индукции Магнитной проницаемости Напряженности Эффекта Баркгаузена	Магнитопорошковый Индукционный Феррозондовый Эффект Холла Магнитографический Пондеромоторный Магниторезисторный
Электрический	Электрический Трибоэлектрический Термоэлектрический	Электростатический Электроемкостный	Электростатический порошковый Электропараметрический Электроискровой Рекомбинационного излучения Экзоэлектронной эмиссии Шумовой Контактной разности потенциалов

Вихретоко-вый	Прошедшего излучения Отраженного излучения	Амплитудный Фазовый Частотный Спектральный Многочастотный	Трансформаторный Параметрический
Радиовол-новый	Прошедшего излучения Отраженного излучения Рассеянного излучения Резонансный	Амплитудный Фазовый Частотный Временной Поляризационный Геометрический	Детекторный (диодный) Болометрический Термисторный Интерференционный Голографический Жидких кристаллов Термобумаг Термолюминофоров

Вид контроля	Классификация методов НК		
	по характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	по первичному информативному параметру	по способу получения первичной информации
			Фотоуправляемых Полупроводниковых Пластин Калориметрический
Тепловой	Тепловой контактный Конвективный Собственного излучения	Термометрический Теплометрический	Пирометрический Жидких кристаллов Термокрасок Термобумаг Термолюминофоров Термозависимых параметров Оптический интерференционный Калориметрический

<p>Оптический</p>	<p>Прошедшего излучения Отраженного излучения Рассеянного излучения Индуцированного излучения</p>	<p>Амплитудный Фазовый Временной Частотный Поляризационный Геометрический Спектральный</p>	<p>Интерференционный Нефелометрический Голографический Рефрактометрический Рефлексометрический Визуально оптический</p>
<p>Акустический</p>	<p>Прошедшего излучения Отраженного излучения (эхо-метод) Резонансный Импедансный Свободных колебаний Акустико-эмиссионный</p>	<p>Амплитудный Фазовый Временной Частотный Спектральный</p>	<p>Пьезоэлектрический Электромагнитно Акустический Микрофонный Порошковый</p>

Вид контроля	Классификация методов НК		
	по характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	по первичному информативному параметру	по способу получения первичной информации
Радиационный	Прошедшего излучения Рассеянного излучения Активационного анализа Характеристического излучения Автоэмиссионный	Плотности потока энергии Спектральный	Сцинтилляционный Ионизационный Вторичных электронов Радиографический Радиоскопический

Классификация методов контроля проникающими веществами (капиллярных и технических)

Молекулярный

Жидкостный Газовый

Яркостный (ахроматический)
Цветной (хроматический)
Люминесцентный
Люминесцентно-цветной
Фильтрующихся частиц
Масс-спектрометрический
Пузырьковый
Манометрический
Галогенный
Радиоактивный
Каторометрический
Высокочастотного разряда
Химический
Остаточных устойчивых деформаций

Каждый из видов контроля подразделяют на методы по следующим трем признакам.

1. **Характер взаимодействия** поля или вещества с объектом. Взаимодействие должно быть таким, чтобы контролируемый признак объекта вызывал определенные изменения поля или состояния вещества.

2. **Первичный информативный параметр** – конкретный параметр поля или вещества (амплитуда поля, время его распространения, количество вещества и т. д.), изменение которого используют для характеристики контролируемого объекта.

3. **Способ получения первичной информации** – конкретный тип датчика или вещества, которые используют для измерения и фиксации выбранного информационного параметра.

Дефектоскопия – наука о принципах, методах и средствах обнаружения дефектов. Под дефектоскопией понимают также комплекс физических методов и средств выявления дефектов в материале заготовок, полуфабрикатов и деталей (в том числе и деталей в сборе), а также в сварных швах, клепаных и паяных соединениях и др.

Дефекты подразделяются на явные и скрытые

В зависимости от возможного влияния дефекта на служебные свойства детали дефекты могут быть:

- критическими
- значительными;
-

малозначительными

1. *Магнитный вид НК*

Магнитный вид НК основан на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом.

применяется для контроля объектов из ферромагнитных материалов (обнаружение поверхностных и скрытых дефектов).

Информативные параметры:

- 1) магнитная проницаемость, намагниченность, остаточная намагниченность – используются для характеристики материала ферромагнетика (например, для контроля степени закалки стали, ее прочностных характеристик и других свойств);
- 2) намагниченность насыщения – используется для определения наличия и количества ферритной составляющей в неферромагнитном материале (величина намагниченности насыщения тем больше, чем больше содержание феррита);
- 3) сила, которую необходимо приложить, чтобы оторвать пробный магнит от объекта контроля – используется для оценки потока магнитного поля (например, чтобы измерить толщину неферромагнитного покрытия на ферромагнитном основании);
- 4) напряженность магнитного поля – используется для измерения (другим способом) толщины неферромагнитного покрытия на ферромагнитном основании;
- 5) градиент напряженности магнитного поля – используется для выявления дефектов несплошности.

Методы

Индукционный – информацию о магнитной проницаемости и ее изменении в зависимости от напряженности магнитного поля получают с помощью катушки индуктивности. Применяется преимущественно для обнаружения раковин, непроваров и других скрытых дефектов. Существенным недостатком индукционного метода контроля является его малая чувствительность к поверхностным дефектам типа волосовин, шлаковых включений и т.д.

Магнитопорошковый – основан на использовании местного изменения магнитной проницаемости, обусловленного дефектом. Информацию о наличии дефекта в поверхностном и подповерхностном слоях ферромагнитного материала получают с помощью магнитного порошка.

Магнитографический – вместо магнитного порошка для регистрации рассеянного магнитного поля применяют магнитную ленту (типа применяемой в магнитофонах, но более широкую). Считывание сигналов о дефектах прибором, датчиком которого служит магнитная головка. Метод позволяет обнаруживать дефекты в более толстом поверхностном слое, но при этом теряется наглядность, присущая магнитопорошковому методу.

Феррозондовый – датчики типа феррозондов используют для обнаружения полей рассеивания на дефектах и измерения магнитных характеристик материалов

Развитие магнитного вида НК – по следующим направлениям:

- 1) изыскание способов отстройки от мешающих факторов;
- 2) изучение особенностей магнитных полей изделий сложной формы, содержащих дефекты;
- 3) разработка новых высокочувствительных преобразователей;
- 4) использование потенциальных возможностей эффекта Баркгаузена (эффект Баркгаузена: высокоточное измерение кривой намагничивания $B(H)$ показало, что она имеет скачкообразный характер в области крутого подъема), а также таких магнитных эффектов, как ядерный, электронный, магнитный резонансы.

2. Электрический вид НК

Электрический вид НК основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом (это – **электрический метод**), или поля, возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия (**термоэлектрический** и **трибоэлектрический методы**).

Первичные информативные параметры – электрические емкость или потенциал.

Методы

1. **Емкостной** – применяется для контроля диэлектрических или оупроводниковых материалов. По изменению диэлектрической проницаемости, в том числе ее реактивной части (диэлектрическим потерям), контролируют химический состав пластмасс, полупроводников, наличие в них несплошностей, влажность сыпучих материалов и другие свойства.

2. **Электрического потенциала** – применяется для контроля про водников. Измеряя падение потенциала на некотором участке, контролируют толщину проводящего слоя, наличие несплошностей вблизи поверхности проводника. Электрический ток огибает поверхностный дефект, по увеличению падения потенциала на участке с дефектом определяют глубину несплошности;

3. **Термоэлектрический** – применяют для контроля химического состава материалов. Например, нагретый до заданной температуры медный электрод прижимают к поверхности изделия и по возникающей контактной разности потенциалов определяют марку стали, титана, алюминия или другого материала, из которого сделано изделие.

4. **Экзоэлектронной эмиссии** — с использованием эмиссии ионов с поверхности изделия под влиянием внутренних напряжений.

5. **Электроискровой** – по параметрам электрического пробоя измеряются характеристики исследуемой среды.

6. **Электростатического порошка** – с помощью наэлектризованного порошка определяют дефекты в диэлектриках.

Развитие метода – интенсивное изучение мало используемых методов:

- 1) экзоэлектронной эмиссии;
- 2) электроискрового;
- 3) электростатического порошка

3. Вихретоковый вид НК

Вихретоковый вид НК основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте.

Практически в дефектоскопии используются вихревые токи с частотой до 1 млн Гц.

Применяется только для контроля изделий из электропроводящих материалов, в том числе цветных, немагнитных металлов (меди, латуни, алюминия и т. д.)

Принцип контроля. Вихревые токи возбуждают в объекте с помощью преобразователя в виде катушки индуктивности, питаемой переменным или импульсным током. Приемным преобразователем (измерителем) служит та же или другая катушка.

Интенсивность и распределение вихревых токов в объекте зависят:

- от геометрических размеров объекта,
- от электрических и магнитных свойств материала объекта,
- от наличия в материале несплошностей,
- от взаимного расположения преобразователя и объекта.

Методы

1. **Отраженного излучения.**
2. **Прохождения** – возбуждающая и приемная катушки располагаются или с одной стороны, или по разные стороны от контролируемого объекта.

Развитие метода – по следующим направлениям:

- 1) изыскание путей контроля изделий сложной конфигурации и многослойных объектов;
- 2) усовершенствование способов отстройки от мешающих параметров;
- 3) разработка многодатчиковых и многочастотных систем для комплексного контроля свойств объекта.

4. Радиоволновой вид НК

Радиоволновой вид НК основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом. Обычно применяют волны сверхвысокочастотного диапазона (СВЧ) длиной 1–100 мм.

Применяется для контроля изделий из материалов, где радиоволны не очень сильно затухают: диэлектрики (пластмассы, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты.

Первичные информативные параметры – амплитуда, фаза, поляризация, частота, геометрия распространения вторичных волн, время их прохождения и др.

Методы. По характеру взаимодействия с объектом контроля различают методы: прошедшего, отраженного, рассеянного излучения и резонансный.

5. Тепловой вид НК

Тепловой вид НК основан на регистрации изменений тепловых или температурных полей контролируемых объектов.

Применяется для объектов из любых материалов.

Первичные информативные параметры – температура или тепловой поток. Они измеряются контактными или бесконтактными способами. При бесконтактном способе передача теплоты происходит в основном за счет радиации, т.е. излучения электромагнитных волн в инфракрасной или видимой части спектра в зависимости от температуры объекта. Наиболее эффективное средство бесконтактного наблюдения, регистрации температурных полей и тепловых потоков – сканирующий термовизор.

Методы. По характеру взаимодействия поля с контролируемым объектом различают методы:

1. **Пассивный** или собственного излучения – на объект не воздействуют внешним источником энергии. Измеряют тепловые потоки или температурные поля работающих объектов. Неисправности проявляются в местах повышенного нагрева. Так выявляют места утечки теплоты в зданиях, участки электрических цепей и радиосхем с повышенным нагревом, находят трещины в двигателях и т.д.;

2. **Активный** – объект нагревают или охлаждают от внешнего источника контактным или бесконтактным способом, стационарным или импульсным источником теплоты и измеряют температуру или тепловой поток с той же или с другой стороны объекта. Это позволяет обнаруживать несплошности (трещины, пористость, инородные включения) в объектах, изменения в структуре и физикохимических свойствах материалов *по изменению теплопроводности, теплоемкости, коэффициенту теплоотдачи*. Таким способом выявляют участки с плохой теплопроводностью в многослойных панелях. Не плотное прилегание слоев и дефекты обнаруживают как участки повышенного или пониженного нагрева поверхности панели.

6. Оптический вид НК

Оптический вид НК основан на наблюдении или регистрации параметров оптического излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом.

Применяется очень широко благодаря большому разнообразию способов получения первичной информации.

1. Наружный контроль. Возможность его применения не зависит от материала объекта.
2. Контроль прозрачных объектов. Обнаружение макро и микро дефектов, структурных неоднородностей, внутренних напряжений (по вращению плоскости поляризации).
3. Использование интерференции позволяет с точностью до 0,1 длины волны контролировать сферичность, плоскостность, шероховатость, толщину изделий.
4. Дифракцию применяют для контроля диаметров тонких волокон, толщины лент, форм острых кромок.

Первичные информативные параметры – амплитуда, фаза, степень поляризации, частота или частотный спектр, время прохождения света через объект, геометрия преломления или отражения лучей.

Методы

1) *По характеру взаимодействия* с контролируемым объектом различают методы: прошедшего, отраженного, рассеянного и индуцированного излучения (индуцированное излучение – оптическое излучение объекта под действием внешнего воздействия, например, люминесценция).

2) *По способу получения первичной информации* различают:

- органолептический визуальный контроль, с помощью которого находят видимые дефекты, отклонения от заданных формы, цвета и т. д.;
- визуальнооптический контроль – проводится с применением инструментов:
 - лупы, микроскопы, эндоскопы – для осмотра внутренних полостей;
 - проекционные устройства – для контроля формы изделий, спроецированных в увеличенном виде на экран.

7. Радиационный вид НК

Радиационный вид НК основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия его с контролируемым объектом. Объект «просвечивается» рентгеновским или гаммаизлучением, потоками нейтронов, электронов или протонов.

Теневое изображение объекта регистрируется на фотопленке (рентгенография, нейтронография и пр.) либо на специальном флюоресцирующем или телевизионном экране (рентгеноскопия) с увеличением изображения в необходимых случаях или с применением других способов улучшения наблюдаемости дефектов.

Применение. Наиболее широко используются для контроля рентгеновское и гаммаизлучение (их можно использовать для контроля изделий из самых различных материалов, подбирая соответствующий частотный диапазон)

Первичный информативный параметр – плотность потока излучения: в местах утонений и дефектов плотность прошедшего потока возрастает.

Методы

1. По характеру взаимодействия с контролируемым объектом основным способом радиационного (рентгеновского и гамма) контроля является **метод прохождения**. Он основан на разном поглощении ионизирующего излучения материалом изделия и дефектом.

2. В зависимости от природы ионизирующего излучения выделяют: **рентгеновский, гамма, бета** (поток электронов), **нейтронный** методы контроля. Находят применение *потоки позитронов*: по степени их поглощения определяют участки объекта, обедненные или обогащенные электронами.

3. По используемому приемнику излучения выделяют:

– **радиографический** метод (приемник излучения – рентгеновская пленка),

– **радиометрический** метод (приемник излучения – сканирующий сцинтилляционный счетчик частиц и фотонов),

– **радиоскопический** метод (приемник излучения – флюоресцирующий экран с последующим преобразованием изображения в телевизионное).

8. Акустический вид НК

Акустический вид НК основан на регистрации параметров упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте.

Применяется ко всем материалам, достаточно хорошо проводящим акустические волны: металлам, пластмассам, керамике, бетону и т.д.

Первичные информативные параметры – например, количество сигналов в единицу времени, амплитудночастотный спектр сигнала, локация места возникновения упругих волн, время задержки прихода отраженного импульса.

Методы

1. По используемой частоте различают:

– **Ультразвуковые** методы – используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний выше 20 кГц). Эти волны возбуждаются и принимаются, как правило, пьезопреобразователями.

Учитывая сильное отражение ультразвука от тончайших воздушных зазоров, для передачи волн от пьезопреобразователя к изделию используют жидкостный контакт.

– Методы, использующие **звуковые** частоты. Для возбуждения волн звукового диапазона кроме пьезопреобразователей применяют ударное воздействие, а для приема – микрофоны.

2. По характеру взаимодействия с объектом различают:

1) пассивные методы – регистрируются упругие волны, возникающие в самом объекте:

– **Шумовибрационный** – основан на том, что шумы работающего механизма позволяют судить о его исправности и неисправности и даже о характере неисправности.

– **Вибрационный** – регистрируется вибрация определенных узлов механизма и оценивается работоспособность этих узлов.

– **Акустической эмиссии** – использует упругие волны ультразвукового (реже – звукового) диапазона, появляющиеся в результате перестройки структуры материала, вызываемой: движением групп дислокаций, возникновением и развитием трещин, аллотропическими превращениями в кристаллической решетке.

2) активные методы:

– **Ультразвуковой** – основан на использовании результатов измерения интенсивности пропускаемого контролируемым образцом или отраженного им ультразвукового сигнала. Для контроля используют *стоячие волны* (вынужденные или свободные колебания объекта контроля или его части) и *бегущие волны* по схемам *прохождения* или *отражения*. Метод используется для обнаружения трещин, раковин и других нарушений сплошности, а также для выявления неоднородностей структуры, плотности и т. д. внутри или на поверхности металлических, пластмассовых и др. деталей. Наилучшие результаты – при обнаружении больших резко очерченных изменений плотности или структуры в исследуемом образце, например, при обнаружении значительных по размерам трещин или пустот, определении границ раздела материалов, существенно различающихся по плотности.

Методы колебаний – для измерения толщин (при одностороннем доступе) и контроля свойств материалов (модуля упругости, коэффициента затухания).

– **Импедансный** метод – основан на измерении режима колебаний преобразователя, соприкасающегося с объектом. Определяют: твердость материала изделия, податливость его поверхности (податливость улучшается под влиянием дефектов, близких к поверхности изделия).

– **Эхо метод**, или метод отражения. Посланный ультразвуковой импульс отражается от нижней поверхности объекта или от дефекта, и по амплитуде и времени прихода отраженных импульсов судят о дефекте. Метод очень широко применяется для дефектоскопии металлических заготовок и сварных соединений, контроля структуры металлов, измерения толщины труб и сосудов;

– **Метод прохождения** – им дефектоскопируют изделия простой формы (листы), оценивают прочность бетона, дерева и др. материалов, в которых прочность коррелирует со скоростью звука.

Развитие акустического метода – по следующим направлениям:

- 1) разработка новых способов обработки информации: очень перспективна вычислительная ультразвуковая голография;
- 2) разработка бесконтактных преобразователей – лазерных возбудителей и приемников, электромагнитноакустических преобразователей, основанных на возбуждении колебаний поверхности объекта внешним электромагнитным полем;
- 3) отстройка от шумов, главным образом связанных с отражением упругих волн от структурных неоднородностей, например, границ кристаллов в поликристаллическом материале;
- 4) применение специфических типов упругих волн в твердом теле: поверхностных волн, волн в пластинах и стержнях;
- 5) разработка средств высокоточного измерения скорости ультразвуковых волн.

9. НК проникающими веществами

Неразрушающий контроль проникающими веществами основан на проникновении пробных веществ в полость дефектов контролируемого объекта.

Применение: для обнаружения слабо видимых невооруженным глазом поверхностных дефектов (капиллярные методы) и для выявления сквозных дефектов в перегородках (методы течеискания).

Методы:

1. **Капиллярные** – основаны на капиллярном проникновении в полость дефекта индикаторной жидкости (керосина, скипидара), хорошо смачивающей материал изделия;

2. **Течеискания** – в полость дефекта пробное вещество проникает либо под действием разности давлений, либо под действием капиллярных сил.

Дефекты продукции и их обнаружение

В соответствии с ГОСТ 15467 **дефектом** называется каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Дефекты, встречающиеся в деталях машин, можно подразделить:

- 1) *по возможности обнаружения* –
 - на **явные**, обнаружение которых возможно предусмотренными правилами, методами и средствами контроля, хотя они могут и не выявляться визуально, и
 - **скрытые**, к ним относятся дефекты, выявление которых не предусмотрено нормативной документацией; они обычно выявляются при обнаружении явных дефектов или в процессе эксплуатации;

2) по местоположению –

– на **локальные** (трещины, риски, неметаллические включения и т. д.),

– **расположенные в ограниченных зонах** объема или поверхности детали (зоны ликвации, неполной закалки, коррозионного поражения, местный наклеп и т. д.); их можно подразделить на **внутренние** (глубинные) и **наружные** (поверхностные и подповерхностные),

– **распределенные** во всем объеме детали или по всей ее поверхности (общее несоответствие химического состава, структуры, качества механической обработки и т. д.);

3) по форме, размерам и ориентировке –

– на **резкие концентраторы напряжений** и

– **нерезкие концентраторы напряжений**;

4) по этапу возникновения –

– на **конструктивные**,

– **производственные** (ремонтные), возникающие в процессах из готовления, сборки или ремонта изделия,

– **эксплуатационные**, зарождающиеся и/или развивающиеся в процессе эксплуатации изделия,

106

– **аварийные**;

5) по возможности устранения –

– на **устранимые**, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно, и

– **неустранимые**.

Примечание. Отнесение дефекта к той или иной категории определяется техническими возможностями и экономической целесообразностью. По мере совершенствования технологических процессов неустранимые дефекты могут стать устраняемыми;

б) по возможности использования продукции –

– на **критические** (делают использование продукции практически невозможным или недопустимым),

– **значительные** (оказывают существенное влияние на возможность использования изделия по назначению или снижают его долговечность) и

– **малозначительные** (не оказывают существенного влияния ни на использование изделия по назначению, ни на его долговечность).

Конструктивные дефекты

Конструктивные дефекты – это несоответствие требованиям технического задания или установленным правилам разработки (модернизации) продукции. Они являются следствием несовершенства конструкции и ошибок при конструировании. Причины таких дефектов могут быть различными:

- 1) неправильный выбор материалов;
- 2) неправильное назначение режимов термической обработки;
- 3) неправильное назначение допусков в сопряжениях;
- 4) заниженный класс чистоты поверхности деталей;
- 5) неверное определение размеров деталей (результатом этого могут быть слишком большие действующие напряжения);

- 6) нерационально выбранная форма детали;
 - 7) малые радиусы галтелей (это может явиться причиной слишком больших коэффициентов концентрации напряжений в опасных сечениях);
 - 8) создание концентраторов напряжений в опасных сечениях (на пример, расположение отверстия для смазки в месте с высоким уровнем напряжений);
 - 9) малая выносливость деталей изделия;
 - 10) низкая жесткость конструкции (повышение вибрации);
- и т. д.

Своевременное выявление конструктивных дефектов позволит непрерывно совершенствовать выпускаемую продукцию, повышать ее надежность и долговечность.

Производственные дефекты и их обнаружение

К этим дефектам относятся несоответствие требованиям нормативной документации на изготовление или поставку продукции. Они возникают обычно в результате нарушений техпроцесса при производстве или восстановлении деталей, узлов и машин в целом, а так же при неправильно назначенных технологических процессах.

Производственные дефекты, если они не были выявлены в процессе изготовления или восстановления изделия, проявляются, как правило, в начальный период эксплуатации.

Дефекты этой группы могут возникнуть вследствие применения материала не соответствующей марки, отступления от размеров и допусков на изготовление и ремонт деталей, нарушения технологии механической или термической обработки деталей, нарушения технологических процессов сборки или регулировки изделия или его узлов и блоков и т. д.

Дефекты плавления и литья

Литье – это технологический процесс изготовления заготовок и изделий путем заполнения жидким материалом формы или изложницы с последующим его затвердеванием. Изложница – это форма простых геометрических очертаний обычно с небольшой конусностью. Отлитый в изложницу слиток является заготовкой для дальнейшей обработки. Литейная форма имеет конфигурацию, близко или точно (точное литье) повторяющую конфигурацию изделия. Для получения пустотелых отливок в форму вставляют стержни, воспроизводящие конфигурацию внутренних полостей. Формы и изложницы делают разъемными для удобства извлечения слитка или отливки. Через литниковую систему в них заливают жидкий материал и обеспечивают возможность выхода образующихся газов и излишков материала.

Отклонение химического состава (и, как следствие, *физических и химических свойств металла* отливок) от заданного вызывается неправильным расчетом шихты или нарушением режима ведения плавки металла. Этот дефект является неустранимым. В результате изменяются механические свойства сплава, что может привести к преждевременному разрушению изготовленной из него детали, ее ускоренному изнашиванию и т. п.

Дефект обнаруживают с помощью экспрессного химического анализа жидкого или застывшего металла, а также применяя электрические (по изменению термоЭДС) и электроиндуктивные методы контроля.

Ликвация – неоднородность химического состава в отдельных зонах слитка или детали. Возникает как из-за плохого перемешивания жидкого металла, так и в процессе остывания и кристаллизации материала отливки. В зоне ликвации механические характеристики металла могут быть пониженными. Различают следующие виды ликваций.

Дендритная ликвация – неоднородность химического состава по объему зерна (по скелету кристалла, имеющего древовидное, или *дендритное*, строение). Вызвана тем, что при остывании сначала кристаллизуется аустенит* с малым содержанием углерода, а затем – с большим. Ликвация *по удельному весу* проявляется в обогащении нижней части слитка или отливки компонентами с большим удельным весом в результате плохого перемешивания жидкого металла.

Зональная ликвация проявляется в отличии химического состава металла в дендритах и междендритных промежутках, в обогащении легкоплавкими составляющими центральной части слитка.

Ликвацию обнаруживают по разному поглощению рентгеновских и гаммалучей, химическим и металлографическим анализом поперхностей или сечений металла.

Газовые поры представляют собой оставшиеся после затвердевания внутри отливки или в ее поверхностном слое растворенные в жидком металле газы. Они имеют форму округлых пузырьков и гладкую поверхность. Поры объединяются иногда в более крупные газовые пузыри. Появляются в результате плохой газопроницаемости формовочной земли, плохой вентиляции формы и стержней, неудовлетворительного качества металла и высокой температуры его заливки. Если поры и газовые пузыри в слитке имеют неокисленную поверхность, то он заваривается в процессе обработки давлением. В высококачественной отливке поры и пузыри недопустимы. Для обнаружения применяют радиационные методы контроля.

Неметаллические включения возникают от недостаточной очистки зеркала расплавленного металла от шлака и флюса перед разливкой, плохого отвода их в процессе разливки. К включениям относят также окислы железа и различных металлов, добавляемых в процессе плавки, частицы огнеупорного и формовочного материала, электродов и т. п. Включения могут быть расположены в самых различных местах отливки.

Земляные включения в отливках появляются в результате плохой отделки и очистки форм, небрежной их сборки, неправильного выполнения литниковой системы и заливки форм беспокойной струей металла. **Шлаковые включения** могут возникать в отливках в случае плохой очистки заливаемого металла и неправильного расположения или отсутствия шлакоуловителей. Специфическим типом включений являются *окисные плены* в виде тонких и хрупких прослоек окисленного металла. Они образуются на зеркале и в струе расплавленного металла.

Неметаллические включения обнаруживают радиационными и ультразвуковыми методами контроля, а плены – ультразвуковыми.

В случае выхода на поверхность их обнаруживают методами поверхностной дефектоскопии.

Усадочные раковины представляют собой пустоты, образующиеся из-за нарушения правильности усадки металла отливок при не равномерном их охлаждении или недостатка металла в процессе его затвердевания. Механизм образования усадочных раковин в общем случае состоит в следующем. Верхнюю часть изложницы (или сложной литейной формы) утепляют, замедляя теплоотвод. В результате здесь металл застывает последним. При застывании объем металла уменьшается, из него выделяются газы. В результате этих причин в верхней части слитка образуется усадочная раковина. Появлению усадочных раковин способствуют: неправильное расположение при былей и холодильников, излишне высокая температура металла в момент его заливки и неудачная конструкция отливаемых деталей. Характерным для усадочных раковин является их неправильная форма и грубая поверхность. Если литье производилось с целью получения деталей, в которых усадочные раковины недопустимы, то отливка бракуется. В слитках обычно усадочная раковина вместе с частью слитка удаляется.