

# Лекция №1

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Качество - степень соответствия продукции требованиям потребителя.

Стандартизация - установление и применение правил с целью упорядочения деятельности промышленных предприятий.

Основные задачи стандартизации заключаются в установлении требований к качеству продукции, сырья, материалов, в повышении уровня взаимозаменяемости машин, деталей, обеспечения единства измерений.

До 1 июля 2004 года на территории Российской Федерации все стандарты подразделяются на Государственные (ГОСТ), отраслевые (ОСТ), и стандарты предприятий (СТП). Стандарты периодически пересматриваются и обновляются для приведения в соответствие с последними достижениями науки и техники.

Технические условия (ТУ) - документ, входящий в комплект технической документации на промышленную продукцию. В нем указываются требования к продукции, правила приемки и поставки, методы контроля, условия эксплуатации, транспортирования и хранения. ТУ составляются в соответствии с ГОСТами, утверждаются и регистрируются органами Госстандарта, имеют ограниченный срок действия.

# Лекция №1

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) представляет собой систему ГОСТов, предназначенных для организации проектирования, создания единообразия в оформлении конструкторских документов, включающая ГОСТы, регламентирующие оформление чертежей и регламентирующие условные обозначения.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) – это совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий определенного качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах; устанавливается ГОСТами, предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартизованного технологического оборудования и оснастки.

# Лекция №1

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИЗА ЦИИ

*К явным* относятся дефекты, обнаруживаемые при внешнем осмотре или путем инструментальных средств и методик.

*Скрытые* дефекты выявляются при механической обработке или в процессе эксплуатации изделия, а также при дополнительном контроле, не предусмотренными в технологии средствами и методами (дефект явный для одних отливок может считаться скрытым для других. Например – усадочная раковина).

В зависимости от количества и характера дефектов  
все отливки можно поделить на 4 группы:

*годные отливки* - они полностью отвечают требованиям технической документации;

*условно годные отливки* - имеют некоторые отклонения не оказывающие влияния на прочностные и эксплуатационные свойства отливки или изделия в целом. Такие отливки могут допускаться для дальнейшей обработки и эксплуатации с разрешения специалистов предприятия;

*исправимый брак* - после исправления дефектов такие отливки могут быть должны для дальнейшей обработки;

*окончательный брак* - это отливки с дефектами, исправление которых технически невозможно или экономически нецелесообразно. Если имеется хотя бы один неисправимый дефект отливки должны быть забракованы.

# Лекция №1

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИЗА ЦИИ

В соответствии с ГОСТ 977- 88 все отливки из конструкционных легированных и нелегированных сталей делятся на три группы в зависимости от их назначения:

1) *отливки общего назначения*, для которых обязательно контролируемые показателями являются внешний вид, размеры, химический состав. К этим показателям могут быть добавлены специальные характеристики, связанные со специфическими условиями эксплуатации отливки: ударная вязкость при пониженных температурах, коэффициент термического расширения (КТР), магнитные характеристики, герметичность и т.д.

Номенклатура показателей качества устанавливается стандартами или техническими условиями (ТУ). Всего насчитывается 11 групп показателей качества продукции. Для отливок общего назначения из них рекомендуется пять:

1. *классификационные показатели* (марка сплава, масса отливки, класс точности, группа сложности).
2. *показатели назначения* (механические свойства:  $\Psi$ ,  $\delta$ ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , КС, НВ, микроструктура).
3. *показатели технологичности и экономии металла* (припуски на механическую обработку, допуски на необрабатываемые поверхности, технологические напуски).
4. *показатели качества поверхности* (шероховатость поверхности).
5. *экономические показатели* (себестоимость, экономический эффект, коэффициент использования металла).

При необходимости в эту номенклатуру заказчик может внести и другие показатели (например, герметичность).

Для *сравнительной* оценки отливок используют *базовые показатели качества*. В качестве базовых применяют показатели качества лучших отливок (отечественных или зарубежных), а так же показатели, предусмотренные стандартом.

# Лекция №1

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИ ЗАЦИИ

2) *отливки ответственного назначения* с обязательным контролем внешнего вида размеров, химического состава и статических механических свойств:

3) *отливки особо ответственного назначения*, у которых кроме указанных для второй группы показателей контролируется ударная вязкость стали.

Обычно группу отливки, марку сплава и дополнительные контролируемые показатели конструктор указывает на чертеже детали.

Отливки из цветных сплавов по условиям эксплуатации и в зависимости от приемосдаточных испытаний подразделяют на три категории:

1) отливки, длительно работающие в неблагоприятных условиях под значительными нагрузками. Для этих отливок предусмотрен выборочный контроль механических свойств на образцах, вырезанных из тела отливки, с одновременным испытанием механических свойств отдельно отлитых от каждой плавки образцов. Осуществляется поштучный контроль плотности отливок (рентгеновская дефектоскопия);

2) отливки, работающие в нормальных условиях под средними нагрузками. Для этих отливок предусмотрено испытание механических свойств на отдельно отлитых от каждой плавки образцах или выборочное испытание на образцах, вырезанных из прилитой к отливке заготовки. Осуществляется выборочный контроль отливок на плотность;

3) малонагруженные, неответственные отливки. Для них предусмотрен контроль механических свойств на отдельно отлитых образцах от плавки. Рентгеновскому контролю эти отливки не подвергаются.

# ЛЕКЦИЯ № 2

## ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО О КОНТРОЛЯ

При техническом контроле в соответствии с ГОСТ 16504-81 должна быть использована единая терминология во всех официальных документах. Вот основные термины:

– *контролируемый признак* - характеристика отливки, подвергаемая контролю(например, хим. состав отливки, шероховатость и т.д.).

– *контролируемый параметр* - количественная характеристика свойств объекта контроля (содержание элемента, предел прочности и т.д.).

– *объем контроля* - число объектов и совокупность контролируемых признаков, установленных для контроля (число образцов для испытаний, перечень контролируемых свойств и т.д.).

– *средство контроля* - механическое средство (прибор, приспособление, аппаратура, стенд), а также материалы (реактивы), используемые для контроля.

– *метод контроля* - группа правил применения определенных признаков и средств для осуществления контроля.

Методы контроля могут использовать различные физические или химические явления. На их основе действуют измерительные контролирующие устройства и строится технология процесса контроля

Для контроля качества отливок используют следующие виды контроля :

	Классификационный признак	Вид контроля
1.	Стадия производственного процесса	Входной, операционный, окончательный
2.	Цель контроля	Приемочный, регулирование технологического процесса
3.	Полнота контроля	Сплошной, выборочный
4.	Периодичность и характер	Непрерывный, периодический, летучий, инспекционный
5.	Средства контроля	Органолептический, визуальный, инструментальный
6.	Контролируемый параметр	По количественному, качественному и альтернативному признакам
7.	Выполняемая функция	Активный, пассивный
8.	Уровень технической оснащенности	Ручной, механизированный, автоматический

# ЛЕКЦИЯ № 2

## ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Наиболее важны виды контроля предупреждающие появление брака, что снижает непроизводительные потери.

**Входной контроль** - контроль всех материалов, поступивших в цех, и их соответствие сопроводительным материалам (сертификатам), путем отбора проб и направления их для исследования в лабораторию

**Операционный контроль** промежуточной продукции (расплава, форм, стержней, красок) и технологических операций (плавки, формовки, сборки форм, заливки и т.д.) обеспечивает качество на последующих операциях и снижает вероятность брака отливок.

**Окончательный контроль** (контроль готовой продукции) представляет собой проверку отливок на соответствие требованиям нормативно-технической документации. Чем строже окончательный контроль, тем меньше претензий от потребителей и лучше отношения с заказчиком.

**Сплошной контроль** необходим в условиях единичного производства. При контроле каждой отливки возможно использование только неразрушающего контроля.

**Выборочному контролю** подвергают определенное количество случайно выбранных отливок. По их качеству принимают решение о качестве всей изготовленной партии отливок. Противоречие между стремлением уменьшить размер выборки и получить достоверный результат устраняется при помощи методов математической статистики и теории вероятности.

**Инспекционный контроль** проводится специальной комиссией из квалифицированных специалистов с целью проверки работы отдела технического контроля или автоматических контрольных устройств. Проводится повторная и выборочная проверка ранее принятых и забракованных отливок.

Широкое внедрение вычислительной техники позволило увеличить долю **активного** контроля, который позволяет оперативно воздействовать на объект и не допустить брака. При **пассивном** контроле брак только фиксируется.

Технический контроль может проводиться **органолептическим** путем или с

# ЛЕКЦИЯ № 2

## ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО О КОНТРОЛЯ

**Непрерывный контроль** необходим при освоении новой продукции.

При установившемся производстве применяется **периодический контроль**.

**Летучий контроль** является одной из форм предупреждения брака. Он носит внезапный характер. Контролер или мастер с произвольной периодичностью обходят рабочие места.

**Визуальный контроль** является разновидностью органолептического контроля. В практике он используется наиболее широко. Наиболее совершенным является инструментальный контроль, технические средства которого непрерывно совершенствуются.

С практической точки зрения важно деление всех методов контроля на разрушающие и неразрушающие.

**Разрушающий контроль** проводится на специальных образцах, отливаемых в одной форме с отливкой или на образцах, вырезанных из тела отливки. Дальнейшее использование отливки по назначению в этом случае невозможно. Поэтому разрушающий контроль готовых отливок может быть только выборочным. Сплошной контроль разрушающими методами проводится только на специальных образцах. Примером служит контроль металла от каждой плавки. В этом случае определяют химический состав или регламентированные механические свойства. При несоответствии хотя бы одного контролируемого параметра элемента бракуется вся партия отливок, полученных из металла данной плавки.

**Неразрушающий контроль** позволяет сохранить целостность отливок и они пригодны к дальнейшей эксплуатации. В основу Н.К. положено взаимодействие физических полей или излучений с отливкой. В зависимости от физической сущности для контроля отливок применяют следующие методы Н.К.: магнитный, электрический, электромагнитный, оптический, радиационный, акустический, тепловой и проникающими веществами.

# ЛЕКЦИЯ № 2

## ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО О КОНТРОЛЯ

По причинам образования дефекты можно поделить на 5 групп:

- дефекты, вызванные взаимодействием сплава с газами и влагой;
- дефекты, вызванные взаимодействием сплава с формой;
- дефекты, возникающие в отливках при неправильном заполнении формы;
- дефекты, образующиеся при затвердевании отливки;
- механические повреждения отливок.

В основу классификации положен ГОСТ 19200-80, который делит дефекты из стали и чугуна на 5 основных групп. Эта классификация применима и к отливкам из цветных сплавов:

1 – несоответствие по геометрии (недолив, незалив, неслитина, обжим, подутость, перекося, стержневой перекося, разностенность, стержневой залив, коробление, вылом и зарез, прорыв и уход металла);

2 – дефекты поверхности (пригар, окисление, газовая шероховатость, поверхностное повреждение, спай, плена, складчатость, ужимина, нарост, засор, залив, просечка);

3 – несплошности в теле отливки (горячие и холодные трещины, межкристаллические трещины, усадочная раковина и усадочная пористость, газовая раковина, ситовидная раковина, рыхлота, графитовая пористость, утяжина, песчаная и шлаковая раковины, вскип);

4 – включения (металлические, неметаллические, корольки);

5 – несоответствие по структуре (отбел и половинчатость в чугунах, флокены, ликвации – дендритная, зональная, гравитационная; морфология зерен, морфология и равномерность распределения структурных составляющих, соотношение фаз).

Большую роль в оценке качества отливок играют и другие дефекты, связанные в основном с качеством сплава, но не вошедшие в ГОСТ 19200-80. Поэтому классификацию следует дополнить еще 3-мя группами:

6 – несоответствие по химическому составу;

7 – несоответствие по механическим свойствам;

8 – несоответствие по технологическим свойствам.

# №3

## ВИДЫ ДЕФЕКТО В

Дефекты, причиной которых является *нетехнологичная конструкция детали*, возникают в тех случаях, когда деталь спроектирована без учета возможностей литейной технологии.

Дефекты, возникающие из-за *несовершенства технологического процесса*, встречаются наиболее часто. Для устранения таких дефектов требуется не только научный подход к решению технологических задач, но и анализ пробных отливок с целью корректировки технологии.

Дефекты, вызываемые *нарушением технологии*, могут быть следствием отступления от режимов на любой технологической операции, например, при подготовке формовочных и шихтовых материалов, формовке, плавке, заливке, термообработке и т.д. Дефектность и брак отливок неизбежно возрастают при *неудовлетворительном состоянии оборудования и оснастки*, а также при небрежной работе рабочих.

# НЕСООТВЕТСТВИЕ ПО ГЕОМЕТРИИ (РАЗМЕРНЫЕ ПОРОКИ)

1.1. **Недолив** – неполное образование отливки. Причина – недостаточное количество жидкого металла.

1.2. **Незалив** – несоответствие конфигурации отливки чертежу. Причины – износ или разрушение модельной оснастки, дефекты литой формы или нарушение технологии заливки.

1.3. **Неслитина** – сквозная щель или отверстие в стенке отливки. Причина – неслияние встречных потоков металла. Дефект чаще встречается в тонких стенках отливок из сплавов с широким интервалом кристаллизации.

1.4 **Обжим** – местное нарушение конфигурации отливки. Причина – деформация литейной формы при сборке или заливке. Чаще обжимы встречаются на плоскости разъема формы в виде приливов или утолщений произвольной формы. Образуется при наличии крючков или неровностей, выступающих над нижним контуром опоки. Нельзя допускать перестановку собранных форм на новые подоночные плиты или другие опоры.

1.5. **Подутость** – местное утолщение отливки. Появляется при заливке отливок в плохо уплотненные формы, которые расширяются под действием заливаемого расплава.

1.6. **Перекос** – смещение одной части отливки относительно осей или поверхностей других частей по разъему формы или модели. Причина – неточная сборка формы (смещение опок) или неточной сборкой модели при формовке.

1.7 **Стержневой перекос** – смещение отверстия, полости или части отливки (выступающей) из – за неправильной установки (перекоса) стержня.

1.8. **Разностенность** – увеличение или уменьшение толщины стенки отливки из – за смещения (перекоса) стержня.

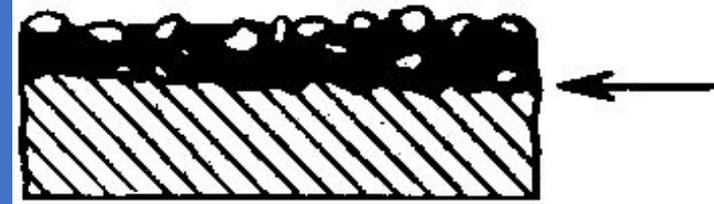
1.9. **Стержневой залив** – отверстие в отливке или полость залитые металлом из-за обрушения стержня или непростановки его в форму при сборке.

1.10 **Коробление** – искажение конфигурации отливки под действием внутренних напряжений, возникающих при охлаждении или из-за деформации модельной оснастки. Чаще наблюдается у напряженных тонкостенных отливок. Наиболее характерными формами коробления являются выпуклость или вогнутость на плоскости. Мерой коробления может служить стрела прогиба  $\delta$ .

# ВИДЫ ДЕФЕКТОВ (продолжение)

## 2. ДЕФЕКТЫ ПОВЕРХНОСТ И

2.1. **Пригар** – специфический трудноудаляемый слой на поверхности отливки из сплавов с высокой температурой плавления при заливке в песчаные формы. Металл под действием капиллярных сил проникает в поры и захватывает отдельные песчинки формовочной смеси.



Дополнительно может происходить химическое взаимодействие расплава с материалом формы с образованием химических соединений, трудноотделимых от поверхности отливки.

2.2. **Окисление** – образование окисленного слоя металла при длительной высокотемпературной термической обработке на поверхности отливки. Этот дефект непосредственно с литьем не связан и появляется только на отливках подвергаемых термообработке, чаще на стальных отливках.

2.3. **Газовая шероховатость** – сферообразные мелкие углубления на поверхности отливки, образованные выделением газовых пузырьков на поверхности раздела «металл–форма».



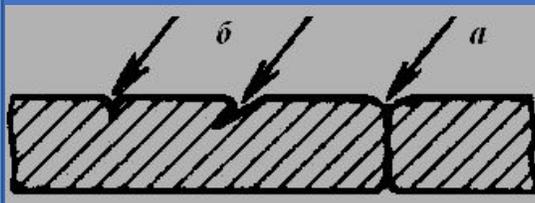
2.4. **Грубая поверхность** – такая поверхность, когда ее шероховатость превышает допустимые нормы. Чаще всего образуется при формовке по-сырому с использованием крупнозернистого формовочного песка. Применение песков средних фракций, а также противопригарных покрытий формовка по-сухому являются надежным средством получения отливок без этого дефекта.

2.5. **Поверхностное повреждение** – различные дефекты в виде забоин, вмятин и т.д. образующиеся во время выбивки или при транспортировке

# ВИДЫ ДЕФЕКТО В (продолж ение)

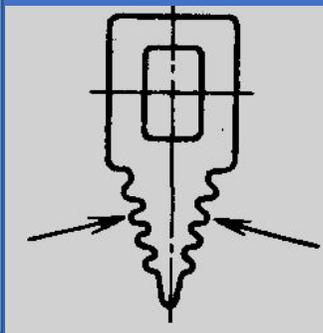
## 2. ДЕФЕКТ Ы ПОВЕРХН ОСТИ

2.6. **Спай** – углубление на поверхности с закругленными краями. Спаи образуются не полностью слившимися потоками металла, например, при заливке холодным металлом или при предварительной заливке. Спаи, таким образом, образуются по тем же причинам, что и неслитины. Спаи могут поражать отливку на всю толщину стенки (а) или располагаться на поверхности (б) в зависимости от степени сваривания встречных потоков.



2.7. **Плена** – окисный слой на поверхности отливки. Дефект образуется при быстрой заливке сплавов, которых содержат элементы, обладающие большим родством с кислороду (*Al, Cr, Ti* и др.), образуют оксиды хрома, алюминия, титана и являются основными составляющими плен. Если плена сосредоточена в теле отливки, то это – неметаллическое включение.

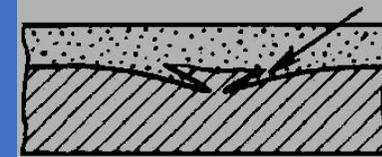
2.6. **Складчатость** – сморщенность поверхности (незначительные сглаженные возвышения и углубления). Основная причина - пониженная жидкотекучесть металла, тепловая деформация поверхностного слоя формы или затвердевающего металла.



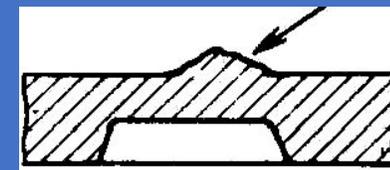
# ВИДЫ ДЕФЕКТО В (продолж ение)

## 2. ДЕФЕКТ Ы ПОВЕРХН ОСТИ

2.7. **Ужимина** – углубление с пологими краями, заполненное формовочной смесью и прикрытое слоем металла.



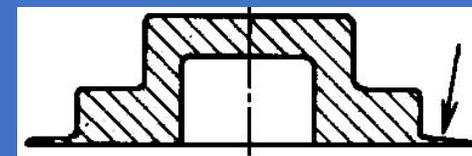
2.8. **Нарост** – выступ произвольной формы на поверхности отливки из-за наличия в форме участка, разрушенного в процессе изготовления формы или сборки.



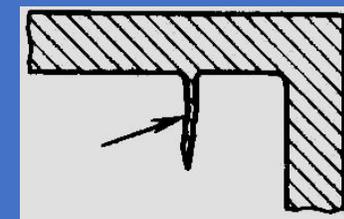
2.9. **Засор** – внедрившиеся в поверхность металла комочки материала формы, нередко залитые металлом.



2.10. **Залив** – тонкие металлические приливы, возникшие при проникании металла в зазоры по разъему формы и знакам стержней.



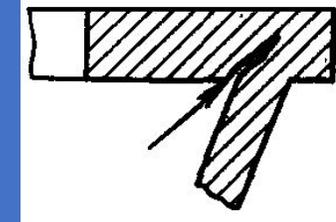
2.11. **Просечка** – невысокие прожилки металла, возникающие при затекании расплава в трещины формы (чаще встречается при литье в оболочковые формы).



# ВИДЫ ДЕФЕКТОВ (продолжение)

## 3. НЕСПЛОШНОСТ И В ТЕЛЕ ОТЛИВКИ

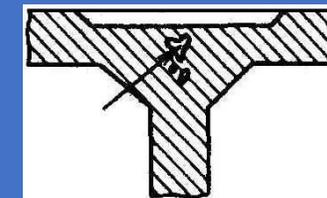
3.1. **Горячая трещина** – разрыв или надрыв тела отливки по границам кристаллов. Г.Т. имеют извилистую или ломаную форму и окисленную поверхность. Относятся к наиболее распространенным видам литейных дефектов.



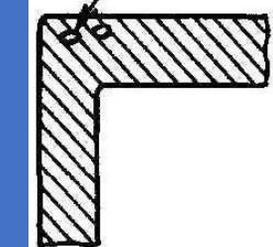
3.2. **Холодная трещина** – разрыв тела затвердевшей отливки. Имеет светлую (неокисленную) поверхность и прямолинейную форму. Холодные трещины чаще всего образуются на отливках замкнутой конструкции при наличии неравномерных по толщине стенок. Причина – внутренние напряжения в местах перехода от толстых стенок к тонким.

3.3. **Межкристаллическая трещина** – разрыв тела отливки на границах первичных зерен аустенита в температурном интервале его распада (стальное литье).

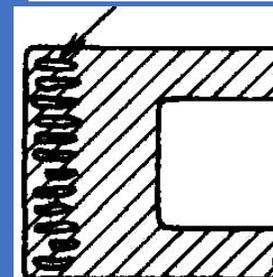
3.4. **Усадочная раковина** – открытые или закрытые полости в тепловых узлах отливки при затрудненном питании (отсутствии прибылей или холодильников). Поверхность раковин неровная, чаще окисленная.



3.5. **Газовая раковина** – полость, образованная пузырьками газа, выделившегося при затвердевании сплава или при взаимодействии расплава с материалом формы. Г. Р. имеет округлую форму и гладкую чистую поверхность.



3.6. **Ситовидная пористость** – скопление удлиненных тонких раковин, расположенных в подповерхностном слое отливки и ориентированных перпендикулярно к поверхности (в поперечном сечении отверстия напоминают сито). Обычно их появление вызвано повышенным содержанием водорода в кристаллизующемся слое металла, особенно при изготовлении тонкостенных отливок в сырых песчаных формах.

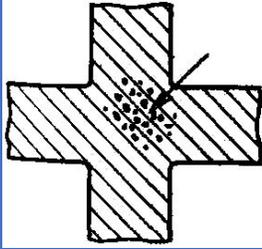


# Лекция №5 ВИДЫ ДЕФЕКТОВ (продолжение)

## 3.

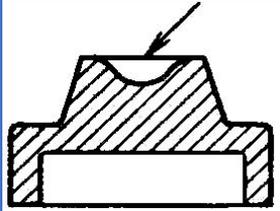
## НЕСПЛОШНОСТИ В ТЕЛЕ ОТЛИВКИ

3.7. **Усадочная пористость** – скопление мелких пор в тепловом узле при недостаточном питании.

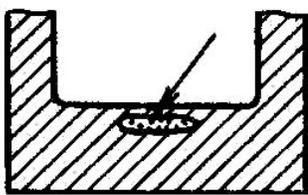


3.8. **Рыхлота** – скопление мелких усадочных раковин.

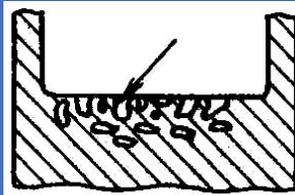
3.9. **Графитовая пористость** – сосредоточение крупных графитовых включений в чугунных отливках.



3.10. **Утяжина** – углубление на поверхности с закругленными краями в массивных частях отливки из-за усадки металла.



3.11. **Песчаная раковина** – полости частично или полностью заполненные формовочным материалом.



3.12. **Шлаковая раковина** – полости частично или полностью заполненные шлаком.

3.13. **Вскип** – скопление раковин и наростов, образовавшихся в результате парообразования в переувлажненных местах формы или стержня. Может быть следствием переуплотнения формы. Раковины могут выходить на поверхность отливки.

## КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ НЕДОСТАТКОВ В

### *а) Определение по тембру звука*

При простукивании молотком отливки с объемными недостатком значительных размеров (типа трещин) можно заметить, что звучание ее существенно отличается от звучания отливки без дефекта: звук становится дребезжащим. Для устранения искажения звука отливку рекомендуется простукивать в подвешенном состоянии.

### *б) Несоответствие отливок по массе*

Проверяется путем взвешивания проверки их на геометрическую точность. Обычно вес мелких отливок (до 10 кг) определяют как средний вес, полученный при взвешивании не менее 20 отливок, средних отливок (до 50 кг) – не менее 10 отливок, более тяжелых – 3-5 штук.

Нормативный вес отливок устанавливают только для отливок, размеры которых находятся в пределах допуска (прошедшие размерный контроль). Верхние предельные отклонения массы отливок должны превышать указанных в таблице 4 ГОСТ 26645-85.

### *в) Определение удельного веса (плотности) отливок*

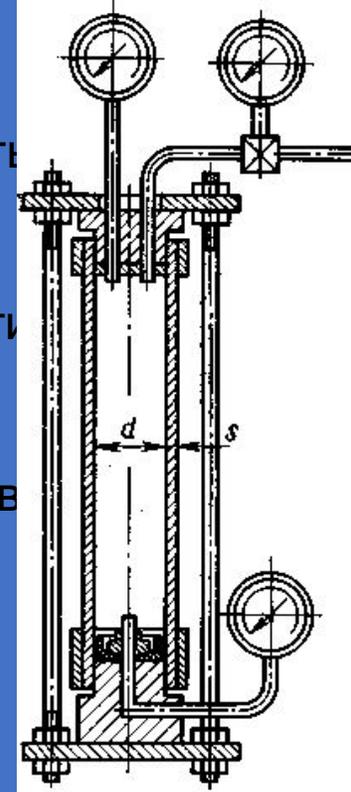
О наличии в отливках крупных объемных недостатков (главным образом, раковин) можно судить по изменению удельного веса отливки. Изменение химического состава сплава в пределах ГОСТа или ТУ приводит к колебанию удельного веса в пределах  $\pm 0,1\%$ . Поэтому отклонение удельного веса от этих пределов свидетельствует о наличии в отливке раковин или пустот.

# КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Я ОБЪЕМНЫХ НЕДОСТАТКОВ В

## *г) Испытание под давлением, контроль герметичности*

Герметичность – способность отливки выдерживать давление жидкости или газа без течи

Отливки, предназначенные для использования в химической, авиационной промышленности и других отраслях народного хозяйства часто в процессе эксплуатации подвергаются значительным давлениям находящимся в них жидкостей или газов (различные трубопроводы, детали котельно-отопительного оборудования, топливо-распределительной и топливо-регулирующей аппаратуры и т.д.), т.е. работают под избыточным давлением.



# КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Я ОБЪЕМНЫХ НЕДОСТАТКОВ В

**разметка отливок** является наиболее квалифицированной из работ, выполняемых БТК. Она заключается в перенесении на отливку чистовых размеров детали в соответствии с чертежом

Разметке подвергают не менее 3-х первых отливок, полученных при запуске новых модельных комплектов или новой металлической оснастки (кокилей, пресс-форм, и д.р.).

Контроль разметкой проводится и при серийном производстве для выявления износа и неисправности модельного комплекта. Контроль проводят периодически, например раз в месяц.

Разметку проводят на специальных плитах. Отливку закрепляют в определенном положении. Размечаемые плоскости окрашивают краской и прочерчивают линии, соответствующие чистовым размерам механически обработанной детали штангенинструментом. Базами при разметке служат базы для механической обработки, указанные на чертеже отливки.



## ОЦЕНКА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК

Наряду с требованиями повышения точности отливок возрастают требования и к качеству поверхности отливки. Для некоторых отливок это требование служит решающим показателем качества. Примером могут служить турбинные лопатки, мерительный и режущий инструмент, товары народного потребления и д.р.

Шероховатость поверхности отливок зависит от таких факторов, как:

- зерновой состав формовочных материалов;
- дисперсность огнеупорных покрытий и красок;
- температура заливаемого сплава;
- скорость кристаллизации;
- габаритные размеры отливки и толщина ее стенок;
- качество поверхности моделей;
- качество поверхности форм;
- методом уплотнения смеси;
- способ литья.

# КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Я ОБЪЕМНЫХ НЕДОСТАТКОВ В

Основные параметры, определяющие шероховатость поверхности отливки  
Установлено **шесть основных параметров шероховатости** поверхности:

– высотные (вертикальные)

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля, вычисляемое приближенно по абсолютным значениям отклонений профиля;

$R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам, определяемая как сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов  $h_{min}$  и пяти наибольших максимумов  $h_{max}$  профиля;

$R_{max}$  – наибольшая высота профиля, т. е. расстояние между линией выступов и линией впадин профиля, проведенных через максимальную вершину и впадину;

– шаговые (горизонтальные)

$S_m$  – средний шаг неровностей профиля (по средней линии  $m$ );

$S$  – средний шаг неровностей профиля по вершинам выступов;

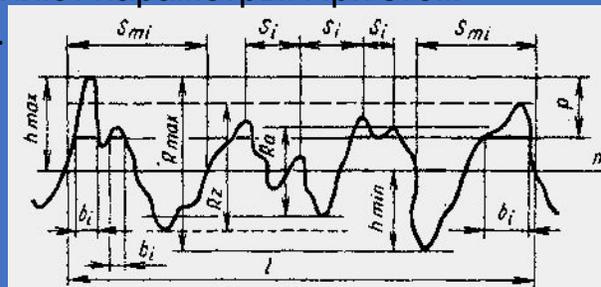
– по опорной длине профиля  $t_p$  – относительная опорная длина профиля, определяющаяся как отношение опорной длины профиля  $l^*$  к базовой длине  $l$ , т. е. .

Для расчета параметров  $S_m$  и  $S$  используют величины  $S_{mi}$  – шаг неровностей профиля по средней линии и  $S_i$  – шаг местных выступов профиля.

Опорная длина профиля  $l^*$  – это сумма длин отрезков  $b_i$ , отсекаемых в материале выступов на заданном уровне сечения профиля  $p$ .

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются путем указания значений параметров шероховатости и базовых длин, на которых определяют параметры. При этом базовую длину  $l$  выбирают исходя из значений  $R_a, R_z, R_{max}$  (таб.).

Соотношение параметров  $R_a, R_z, R_{max}$  и базовой длины



$R_a$ , мкм	$R_z, R_{max}$ , мкм	$l$ , мм
До 0,025	До 0,10	0,08
Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,10 до 1,6	0,25
Св. 0,4 до 3,2	Св. 1,6 до 12,5	0,80
Св. 3,2 до 12,5	Св. 12,5 до 50,0	2,50
Св. 12,5 до 100,0	Св. 50,0 до 400,0	8,00

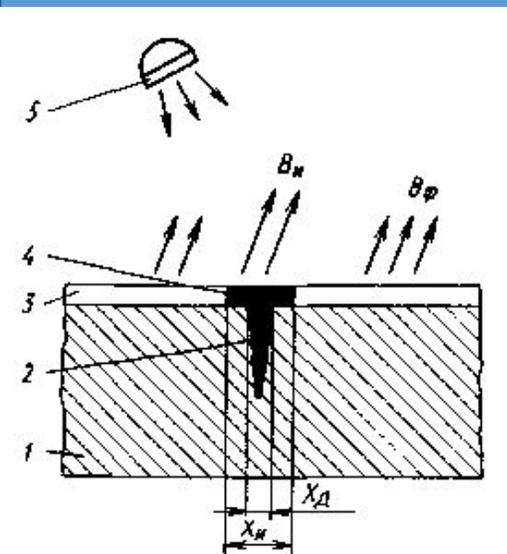
## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

Первым этапом проверки качества поверхности отливок является внешний визуальный осмотр. Он обязателен перед проведением дорогостоящих и подробных исследований.

Контроль выполняют визуально без применения увеличительных приборов (кроме случаев, оговоренных особо) на соответствие отливок техническим условиям; в некоторых случаях (при серийном и массовом производстве) – с использованием отливки-эталона.

Сущность всех методов капиллярной дефектоскопии состоит в том, что на очищенную очистителем поверхность отливки 1 наносят тонкий слой индикаторной жидкости или суспензии - пенетранта, который под действием капиллярных сил проникает в мелкие поверхностные дефекты 2. Избыток пенетранта смывается очистителем, а на высушенную поверхность наносят слой проявителя 3, способного адсорбировать пенетрант, оставшийся в микродефектах. После выдержки, а при необходимости и тепловой сушки, на поверхности изделия над дефектом образуется так называемый индикаторный след 4 шириной  $\chi_{и} > \chi_{д}$ , где  $\chi_{д}$  - раскрытие дефекта, т.е. его размер на поверхности отливки. Этот след можно наблюдать невооруженным глазом или с помощью лупы небольшого увеличения.

Обнаружение индикаторного следа, повторяющего характер дефекта, обусловлено либо его способностью люминесцировать под действием ультрафиолетового излучения, для чего используют источник ультрафиолетового излучения 5, либо его цветовым контрастом в видимом световом излучении. Поэтому по способу выявления дефектов наиболее широкое распространение из всех методов капиллярной дефектоскопии нашли методы люминесцентной и цветовой дефектоскопии. При люминесцентном методе более надежное выявление дефекта возможно благодаря существенному различию яркости свечения  $B_{и}$  индикаторного следа дефекта и поверхности (фона)  $B$



# Лекция №7

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

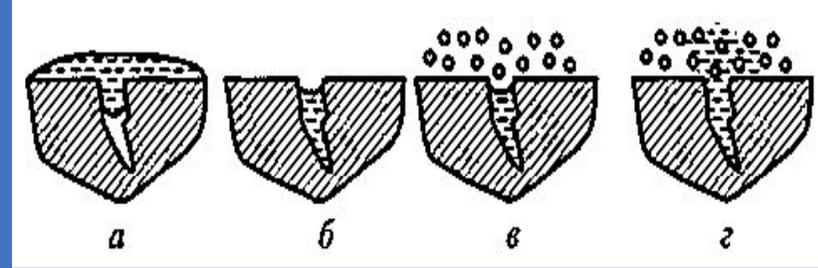
Порядок проведения капиллярного контроля:

Схема капиллярного контроля:

а – нанесение индикаторной жидкости;  
б – удаление ее излишков; в –  
нанесение проявляющего порошка; г –  
образование пятна на проявляющем  
порошке

1. После подготовки (очистки, обезжиривания) поверхности контролируемой детали на нее наносят индикаторную жидкость, например смесь керосина со скипидаром с добавкой красителя. Жидкость проникает внутрь дефектов. Чтобы дефекты лучше и быстрее заполнялись, при нанесении жидкости повышают или понижают давление, воздействуют на деталь звуковыми или ультразвуковыми колебаниями или статической нагрузкой, подогревают жидкость, напыляют ее в виде аэрозоля.

2. После нанесения жидкость с поверхности убирают (вытирают или



# Лекция №7

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ

3. Далее струей газа, кистью или щеткой припудриванием наносят на поверхность проявитель. Это может быть, например, раствор каолина (белой глины) в этиловом спирте. Проявитель высыхает, в него всасывается из дефектов индикаторная жидкость, окрашивая места дефектов.

Дефекты выявляют внешним осмотром с помощью лупы; если применялись люминофоры, можно использовать фотодатчики. Капиллярным контролем выявляют дефекты шириной от 1 мкм, глубиной от 10 мкм и длиной от 0,1 мм.

Капиллярные методы применяют в заводских лабораториях и в цехах для определения поверхностных дефектов типа трещин, пор, рыхлот, волосовин и других нарушений сплошности на поверхностях деталей из жаропрочных ферромагнитных сплавов на основе меди и из пластмасс в деталях, имеющих сложную конфигурацию и не поддающихся контролю другими методами.

К основным техническим средствам капиллярного контроля относятся дефектоскопические материалы и ультрафиолетовые облучатели.

*Дефектоскопические материалы* (пенетрант, очиститель, проявитель и др.) должны быть технологически совместимыми, поэтому для контроля они поступают в виде наборов или сочетаний.

*Проявитель* может быть в виде порошка (сухой способ). Можно наносить в качестве проявителя растворы люминофоров (в летучем растворителе) - тогда дефект будет светиться в ультрафиолетовых лучах (беспорошковый способ). Если добавить в индикаторную жидкость краситель и после очистки от нее поверхности нагреть деталь, то жидкость выступит на кромки

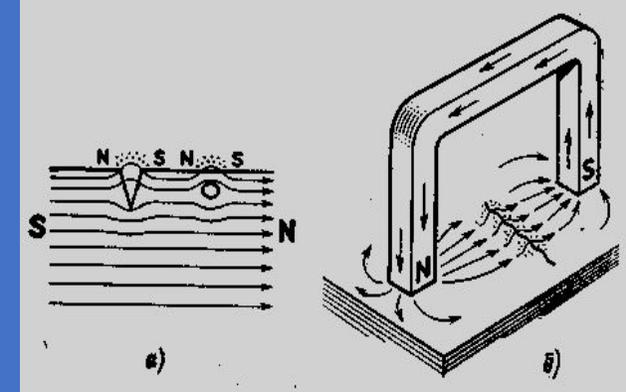
# Лекция №8

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

а) Наиболее часто применяют магнитный *порошковый метод*, который позволяет обнаружить поверхностные и подповерхностные трещины на отливках любой формы и размеров (в том числе и очень мелкие – с шириной раскрытия 0,001-0,03 и глубиной 0,01-0,04 мм - у поверхности детали). Метод применяется и для обнаружения внутренних дефектов отливок, находящихся на глубине не более 2 мм от поверхности детали.

Контроль трещин и неметаллических включений методом магнитной дефектоскопии в мелких (а) и крупных отливках (б)

Основные операции контроля: очистка детали от загрязнений, обезжиривание, намагничивание детали, нанесение на поверхность, порошка или суспензии, контроль, размагничивание детали.



# Лекция №8

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

### Магнитная дефектоскопия

Магнитный поток, протекая по образцу, помещенному между двумя полюсами, огибает дефекты (трещины или другие препятствия), в результате чего происходит вспучивание магнитных силовых линий, создается поле рассеяния.

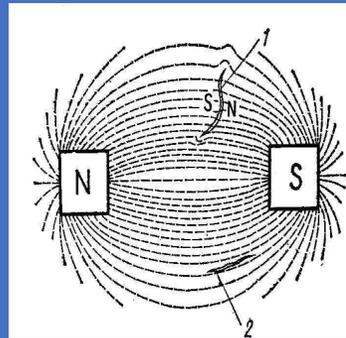
Схема магнитного метода контроля:

а – дефект расположен поперек магнитных силовых линий (поле рассеяния больше);

б – дефект расположен вдоль магнитных силовых линий (поле рассеяния отсутствует)

Существует несколько методов регистрации полей рассеяния над дефектами.

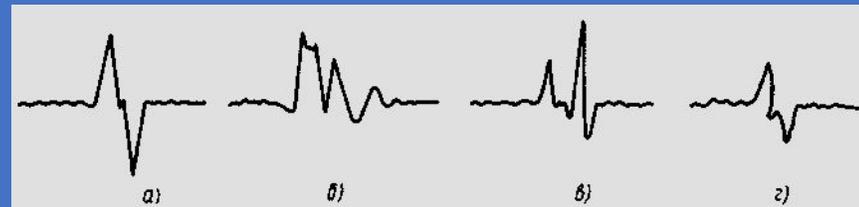
В зависимости от формы контролируемого изделия, необходимой чувствительности, производительности и разрешающей способности применяют феррозондовый, магнитографический, магнитно-порошковый и магнитно-люминесцентный методы регистрации дефектов.



# Лекция №8

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

*б) Магнитографический метод* заключается в записи магнитного поля рассеяния (МПР) дефектов на магнитную ленту. Отображенное вторичное магнитное поле считывается с магнитной ленты и преобразуется в изображение на экране электронно-лучевой трубки или в двухмерное плоскостное изображение на электрохимической бумаге. Считывание магнитного поля в первом случае осуществляется с помощью магнитных головок, во втором случае – с помощью феррозондовых датчиков. Визуализация МПР, записанного на магнитную ленту, основана на преобразовании рельефа намагниченности ленты в электрические сигналы с последующей импульсной или яркостной индикацией этих сигналов. При *импульсной* индикации регистрация и расшифровка дефектов осуществляются по виду импульсов на магнитограмме, изображенной на экране электронно-лучевой трубки. Расшифровка магнитограмм и идентификация дефектов требуют профессионального опыта и обычно осуществляются в соответствии с эталонными магнитограммами.



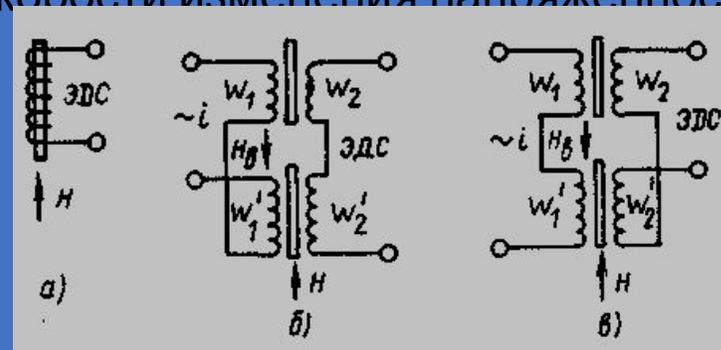
Магнитограммы дефектов:

*a* – открытой поверхностной трещины; *b* – газовой подповерхностной пористости;  
*в* – шлакового включения; *г* – единичной подповерхностной газовой поры

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ И

в) Метод с использованием магнитных преобразователей для регистрации МПР дефектов значительно облегчает механизацию и автоматизацию операций контроля и существенно упрощает технологию их проведения. Для этого применяют индукционные, феррозондовые, матричные, доменные, холловские и магниторезисторные преобразователи (датчики).

Индукционный преобразователь (а) представляет собой катушку, расположенную на сердечнике, изготовленном из материала с высокой магнитной проницаемостью. Индукционный (пассивный) преобразователь работает по принципу электромагнитной индукции, поэтому необходимо перемещение преобразователя относительно магнитного поля или наоборот. На концах катушки возникает электродвижущая сила (ЭДС) - выходной сигнал преобразователя, который зависит от параметров преобразователя и скорости изменения напряженности  $H$  измеряемого магнитного поля.



Схемы магнитных преобразователей:

а – индукционные; б – феррозондовые полемеры; в – феррозондовые градиентометры

# Лекция 9

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ

Ультразвуковые волны, используемые в дефектоскопии, представляют собой упругие колебания, возбуждаемые в материале объекта. При неразрушающем контроле используют следующие методы ультразвукового прозвучивания деталей: *теневого*, *резонансный* и *эхо-импульсный* метод.

а) **Теневого** метод заключается в следующем. С одной стороны в объект излучателем вводится пучок ультразвуковых колебаний, а с другой стороны щупом, установленным строго напротив излучателя, регистрируется интенсивность пучка, прошедшего через объект. Если на пути пучка ультразвуковых колебаний окажется, например, расслоение, инородное включение, раковина или другое нарушение сплошности, то часть ультразвуковой энергии отразится от этого дефекта и интенсивность пучка, падающего на приемный щуп, резко уменьшится, т.е. на приемный щуп

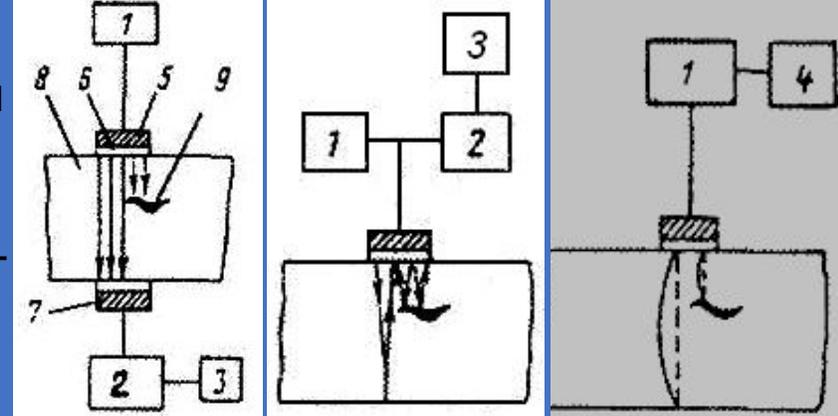


Схема ультразвукового контроля:  
а) теневого метод; б) эхо-метод; в) резонансный метод;  
1 – блок генератора; 2 – блок усилителя; 3 – блок индикатора; 4 – блок регистрации резонансов; 5 – демпфер; 6 – излучатель; 7 – демпфер приемной головки; 8 – контролируемый объект; 9 – дефект

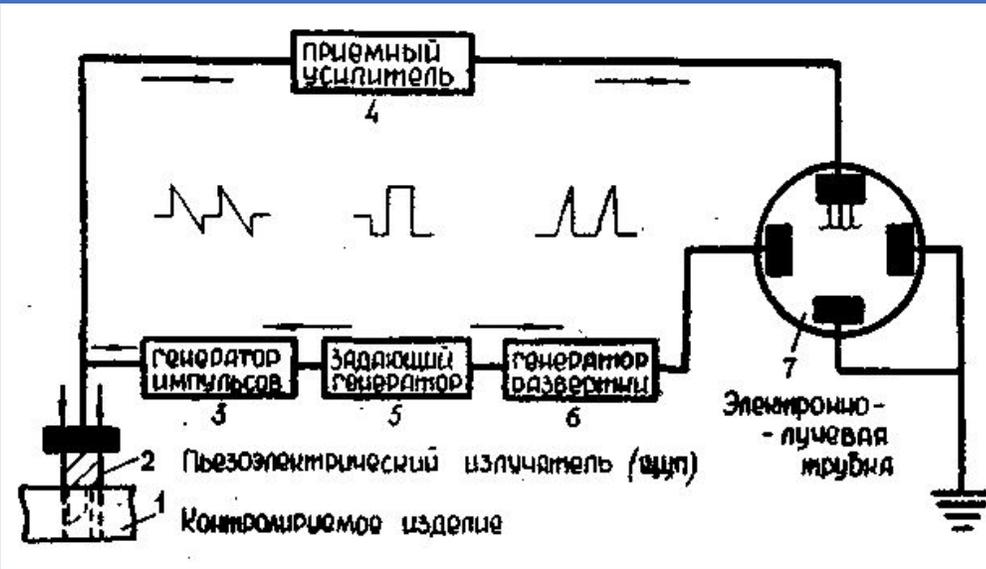
# Лекция 9

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ

### б) Эхо-импульсный метод

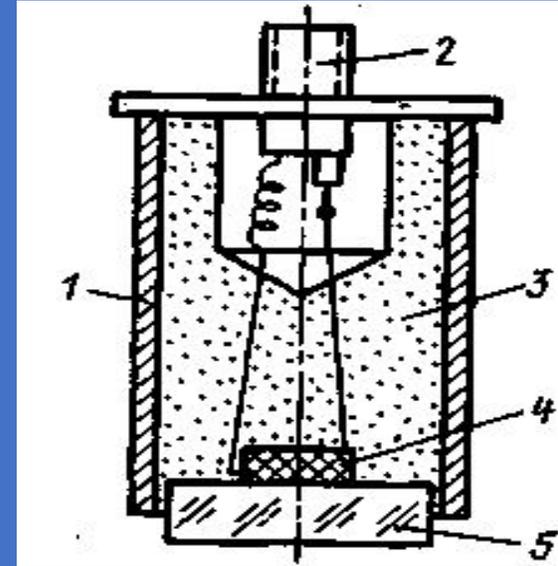
Ультразвуковой контроль основан на прямолинейном распространении ультразвуковых волн с частотой от 20 КГц до 10 МГц в однородном твердом теле и *отражении на границе раздела* двух тел с разными акустическими свойствами.

Ультразвуковые волны отражаются от поверхностей, пустот в металлических деталях (трещин, различного рода раковин).



Принципиальная схема импульсного дефектоскопа:

- 1 – исследуемое тело; 2 – пьезоэлектрический излучатель – щуп;
- 3 – генератор импульсов; 4 – приемный усилитель; 5 – задающий генератор; 6 – генератор развертки луча на экране трубки;
- 7 – электроннолучевая трубка



Искательная головка ультразвукового дефектоскопа:

- 1 – корпус; 2 – контакт;
- 3 – демпфер; 4 – пьезоэлемент;
- 5 – защитное доньшко

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ

## Рентгеновская и гамма-дефектоскопия

Рентгеновское и  $\gamma$ -просвечивание – один из самых распространенных методов дефектоскопии, применяемый почти на каждом машиностроительном предприятии.

*Рентгеновский* контроль осуществляют на специальных установках, основным элементом которых является генератор рентгеновского излучения – рентгеновская трубка.

При прохождении через металл рентгеновское излучение теряет часть своей энергии. Потеря энергии будет тем больше, чем толще слой металла. Пустоты в значительно меньшей степени, чем сплошной металл, препятствуют прохождению рентгеновского излучения. Поэтому энергия рентгеновского излучения, прошедшего через несплошности в металле, оказывается большей, чем энергия излучения, прошедшего через сплошной слой металла без дефектов. Чтобы определить расположение дефектов в детали, на пути прошедшего через деталь рентгеновского излучения помещают фотографическую пленку. На тех местах фотопленки, куда попало рентгеновское излучение с большей энергией, чем при фотообработке, происходит наибольшее почернение пленки. Поры, раковины,

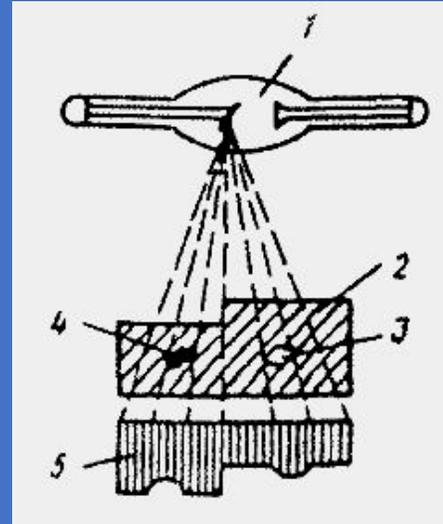


Схема просвечивания рентгеновским или  $\gamma$ -излучением: 1 – источник излучения;  
2 – контролируемый объект;  
3 – раковина;  
4 – плотное включение;  
5 – эпюра интенсивности излучения за объектом

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Наименование стали	Характеристика пучка искр
Нелегированная сталь менее 0,15 % С	Короткий темный пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений
Нелегированная сталь, 0,15–1,0 % С	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей
Нелегированная сталь, >1% С	Очень плотный пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр
Нелегированная сталь с повышенным содержанием марганца	Широкий плотный ярко-желтый пучок искр, внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей
Марганцовистая сталь (12 % Mn)	Преобладание зонтообразных искр
Конструкционная сталь (до 5 % Ni)	Яркие линии искр в виде язычков, расщепленные на ковке, увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки
Никелевая сталь (высоколегированная)	При содержании 35 % Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47 %) яркость искр значительно ослабевает
Хромистая сталь	При низком содержании углерода и хрома линии искр более тонкие и более темные, чем в углеродистой стали
Хромистая сталь с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слабоветвистый, искры прилипают к поверхности шлифовального круга
Хромоникелевая сталь (конструкционная)	Желто-красные искры с более яркими подосками в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный
Хромоникелевая сталь высоколегированная (аустенитная)	Темный широкий пучок, концы искр копьсообразные
Вольфрамовая сталь	Красные короткие искры, линии искр отчетливо загибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствуют. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр
Молибденовая сталь	Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании молибдена язычки видны перед звездочками углерода, при повышенном содержании – за звездочками углерода

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

## Химический анализ

**Гравиметрический метод** основан на переводе анализируемой пробы в раствор и осаждении определяемого элемента в виде труднорастворимого соединения. Для количественного определения содержания элемента образовавшийся осадок отделяют фильтрованием, тщательно промывают, высушивают, прокаливают и взвешивают на аналитических весах с точностью до четвертого знака после запятой. По массе осадка рассчитывают содержание в нем определяемого элемента в процентах от взятой для анализа навески. Гравиметрический метод является наиболее точным и распространенным. Основным недостатком этого метода - большая длительность анализа (несколько часов).

**Титриметрический метод** основан на измерении объема раствора известной концентрации, расходуемого на реакцию с определенным элементом или его соединением. В анализируемый раствор с помощью измерительной бюретки понемногу вливают титрованный раствор с точно известной концентрацией. В момент наступления эквивалентности растворов индикаторное вещество (лакмус, фенолфталеин и т.п.) резко изменяет окраску. По затраченному объему титрованного раствора и его концентрации определяют содержание анализируемого элемента.

Высокая степень точности химического анализа используется при аттестации государственных стандартных образцов и стандартных образцов предприятий, по которым градуируют современные приборы для физико-механических методов, а также при проведении научно-исследовательских работ.

# Лекция 10

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

### Физико-химический анализ

Проба переводится в раствор, после чего осуществляется собственно химический анализ, основанный на связи физико-химических свойств полученного раствора с его концентрацией.

В основе **фотометрических методов** лежит визуальное определение или определение с помощью светочувствительных фотоэлементов интенсивности окраски раствора, которая обусловлена концентрацией определяемого компонента в растворенной стружковой пробе. О количественном содержании элемента судят по оптической плотности, которая прямо пропорциональна концентрации вещества в растворе. В основе **потенциометрических методов** лежит титриметрический метод, но в качестве индикатора служит погружаемый в анализируемый раствор электрод, потенциал на котором непрерывно измеряется в процессе титрования. В момент наступления эквивалентности растворов (момент окончания химической реакции) напряжение на индикаторном электроде резко изменяется, что регистрируется самопишущим прибором.

# Лекция 10

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

**Кулонометрический метод** основан на измерении количества электричества, израсходованного в ходе электрохимической реакции определяемого вещества с титруемым раствором и предназначен для определения содержания углерода и серы в чугунах и сталях. Например, при контроле содержания углерода количество электричества, затраченного на титрование, однозначно связано с количеством поглощенного раствором углекислого газа и соответственно с количеством углерода в анализируемой пробе металла. На индикаторной панели кулонометра высвечивается цифровое значение содержания углерода в металлической навеске.

Продолжительность анализа составляет 60-120 с в зависимости от содержания определяемого элемента.

**Полярографический метод** основан на зависимости предельной силы тока, определяемой по поляризационным кривым в процессе электролиза, от концентраций элемента в растворе. Поляризационные кривые в координатах "сила тока - напряжение в электрической ячейке" записываются в автоматическом режиме с помощью полярографов. Процессом поляризации называют изменение равновесного потенциала электрода при прохождении через него постоянного тока.

Количественное определение элемента основано на оценке величины потенциала, соответствующего половине значений установившейся предельной силы тока.

### Физический анализ

Основан на выделении энергии атомами анализируемых элементов при воздействии на них различных источников возбуждения. Выделение энергии обусловлено переходом электронов атома из одного устойчивого состояния в другое. При этом энергия выделяется в виде квантов света:

$$\Delta E = hc/\lambda.$$

где  $\Delta E$  - энергия перехода электрона из одного устойчивого состояния в другое;

$h=6,623 \times 10^{-34}$  – постоянная Планка;  $c$  – скорость света;  $\lambda$  – длина волны излучения.







