

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к организации самостоятельной работы по дисциплине
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла**

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ (часть 2)

**для всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к организации самостоятельной работы по дисциплине
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла
МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

(часть 2)

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № ____ от __.__. 20__ г.

Донецк
ДОННТУ
2017

УДК 669. (075.8)

Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине вариативной части по выбору вуза профессионального цикла «Методы неразрушающего контроля (часть 2)» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 13 с.

Отображены цель и задачи самостоятельной работы студентов по курсу «Методы неразрушающего контроля (часть 2)» и последовательность действий студентов, направленных на достижение требуемых результатов в усвоении теоретического и практического материала.

Составители: Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:
к. т. н., профессор А. Л. Сотников

1. Особенности выбора методов НК в зависимости от существующих дефектов

Дефектом, согласно нормативно-технической документации, - каждое отдельное несоответствие продукции требованиям. По происхождению дефекты: производственно-технологические, возникающие в процессе проектирования и изготовления изделия, его монтажа и установки, и эксплуатационные, возникающие после некоторой наработки изделия в результате процессов деградации, а также в результате неправильной эксплуатации и ремонтов. Выбор метода НК должен быть основан помимо априорного знания о характере дефекта на таких факторах, как: условия работы изделия; форма и размеры изделия; физ. свойства материала деталей изделия; условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту; тех. условия на изделия, содержащие количественные критерии недопустимости дефектов и зачастую нормирующие применение методов контроля на конкретном изделии; чувствительность методов. В зависимости от физ. явлений, положенных в основу методов НК, они подразделяются на 9 основных видов: 1) Акустические методы выявляют глубинные дефекты типа нарушения сплошности, расслоения, непрочлѐп, непропаи; определяет их координаты, размеры, ориентацию; 2) Магнитный метод определяет поверхностные и под поверхностные дефекты: трещины, волосовины, расслоения, не проварка стыковых сварных соединений, закатов и т.д. 3) Вихретоковый метод позволяет обнаружить трещины, раковины, неметаллические включения и др. виды нарушений сплошности (дефектоскопия), контролировать хим. состав, мех. свойства, остаточные напряжения (структуроскопия), измерять толщины прутков, стенок труб и др. (толщинометрия); 4) Капиллярные методы обнаруживают невооруженным глазом тонкие поверхностные трещины и др. несплошности материала, определять места расположения сквозных и наружных дефектов, их протяженность и ориентации по поверхности; 5) Радиоволновые методы определяют толщину и обнаруживают внутренние и поверхностные дефекты преимущественно в неметаллических изделиях. 6) Радиационные методы обнаруживают микроскопические нарушения сплошности материала контролируемых объектов, возникающих при их изготовлении (трещины, овалы, включения, раковины и др.). 7) **Электрический метод** определяет дефекты различных материалов, измерять толщины стенок, покрытий и слоев. 8) Визуально-оптический метод выявляются поверхностные дефекты: наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, подрезы, наружные трещины шва и околошовной зоны, непровары корня шва и несоответствие

конструктивных элементов сварного шва. 9) Тепловой метод позволяет путем пересчета измеренных перепадов температур оценить состояние обследуемого объекта, выявить возникшие в нем дефекты и определить степень их развития; позволяет выявить термически неоднородные участки ограждающих конструкций и, путем сопоставления с проектными данными, идентифицировать причину их возникновения.

2. Дать краткую характеристику методам визуального и теплового НК.

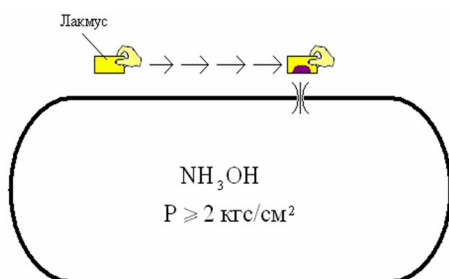
Основой визуального контроля являются законы оптики: закон прямолинейного распространения света; закон независимости световых лучей; закон отражения; закон преломления. Самые крупные дефекты материалов и конструкций устанавливаются визуальным контролем. Внешний визуальный осмотр объектов на предмет дефектов производится с применением визуальных оптических средств (микроскопы, эндоскопы, линзы, радиусные шаблоны, измерительные щупы), так и без них. Недостаток визуального измерительного контроля заключается в ограниченности данного метода, поскольку он позволяет исследовать только видимую область обследуемого объекта. Визуальный метод контроля легко применим и сравнительно недорогой, но является надежным источником точной и достоверной информации о соответствии сварных изделий техническим условиям. Основным оптическим инструментом является глаз, главными способностями которого являются адаптация, острота зрения и аккомодация.

Тепловой метод позволяет путем пересчета измеренных перепадов температур оценить состояние обследуемого объекта, выявить возникшие в нем дефекты и определить степень их развития; позволяет выявить термически неоднородные участки ограждающих конструкций и, путем сопоставления с проектными данными, идентифицировать причину их возникновения. Тепловой вид НК включает в себя методы инфракрасной дефектоскопии и пирометрии. Инфракрасная дефектоскопия основана на том, что в местах дефектов металла подогретого объекта или в зонах утонения стенок трубопровода с подогретой средой тепло передается от внутренней к внешней поверхности стенки несколько в большей степени, чем в окружающих бездефектных зонах. Тепловизор преобразует картину теплового распределения на поверхности объекта в видеоизображение. Чувствительность современных тепловизоров исчисляется десятками долями градуса. Пирометрия – дистанционное измерение температуры объекта –

применяется в литейном производстве для оценки температуры расплавов и в теплоэнергетике. Выполняется более простыми приборами – пирометрами. Преимущества аппаратных средств пирометрии заключаются в выведении оператора из зоны действия повышенной температуры.

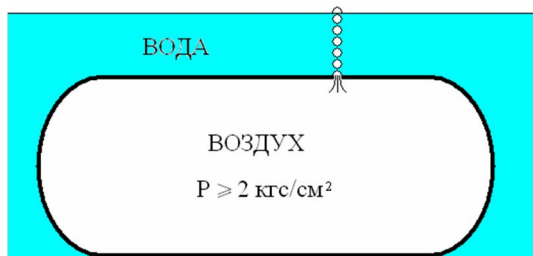
3. Охарактеризовать метод контроля проникающими веществами

Этот вид контроля в целом основан на способности тех или иных веществ проникать в слабораскрытые наружные и сквозные дефекты в твердых стенках контролируемых объектов. При контроле проникающими веществами используют газоаналитический, газогидравлический, вакуумно-жидкостный и капиллярный методы. Первые три метода объединены понятием «течеискание», и этим методом можно выявлять только сквозные дефекты. Капиллярным методом – наружные сквозные и

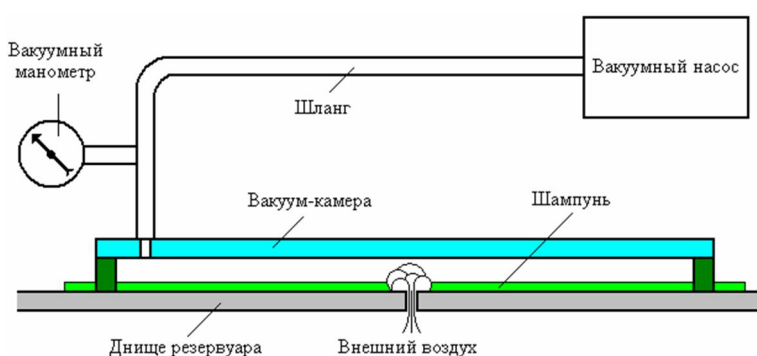


несквозные дефекты. Газоаналитический метод состоит в следующем (рис.1). В зоне, где имеется сквозной дефект, образуется утечка аммиака, в результате в этом месте лакмус темнеет, а газоанализатор дает соответствующие показания. Этим методом

обычно проверяют сосуды, баллоны, аммиачные трубопроводы.



Газогидравлический метод. В точке, где имеется сквозной дефект, образуется утечка воздуха в жидкость, в этом месте в жидкости возникает цепочка восходящих пузырьков. Так обычно проверяют баллоны.

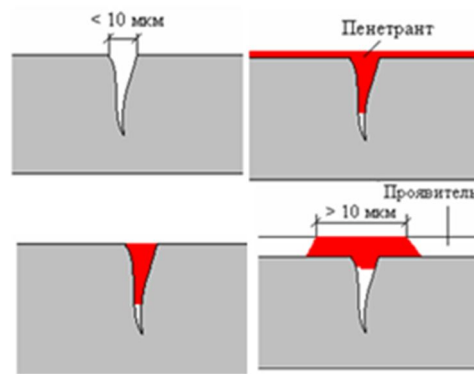


Вакуумно-жидкостный метод широко применяется при контроле герметичности днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Если под камерой имеется сквозной дефект, то под действием

внешнего атмосферного давления наружный воздух устремляется сквозь него в полость камеры, и над дефектом возникает вспенивание мыльного слоя, которое оператор хорошо видит сквозь прозрачную крышку камеры.

Капиллярный метод - многооперационный процесс. Типовой перечень операций включает в себя подготовку изделия к контролю, нанесение

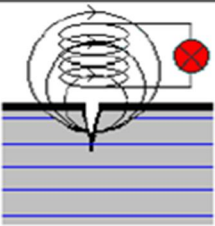
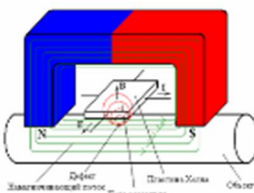
индикаторной жидкости, удаление ее излишков и проявление индикаторных следов дефектов.



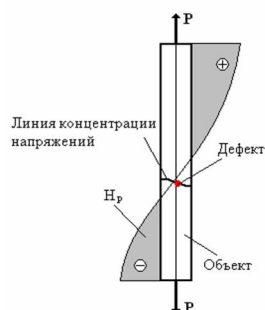
4. Характеристика магнитного метода НК.

Магнитный метод НК— вид контроля, основанный на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом, которому подвергаются только ферромагнитные материалы. Этот вид контроля составляют следующие методы.

Активные методы магнитного контроля

Метод	Краткое описание	Эскиз
Магнитоферрозондовый	Поле рассеяния над дефектом возбуждает ЭДС в датчике – катушке, замкнутой на индикатор	
Магнитографический	Поле рассеяния над дефектом оставляет на магнитной ленте магнитное пятно, которое далее визуализируется в специальном видеоманитофоне	
Магнитопорошковый	При поливе поверхности магнитопорошковой суспензией поле рассеяния над дефектом стягивает на себя частицы черного магнитного порошка	
Метод эффекта Холла	Поле рассеяния над дефектом вызывает отклонение траектории электрического тока в пластине Холла	

Индукционный метод основан на явлении самоиндукции. Если электрическую катушку, замкнутую на гальванометр или милливольтметр, быстро пронести над металлом, в котором имеется наружный дефект, то над дефектом возникает неоднородность электромагнитного поля в катушке, которая образует слабую электродвижущую силу (ЭДС) в ней.

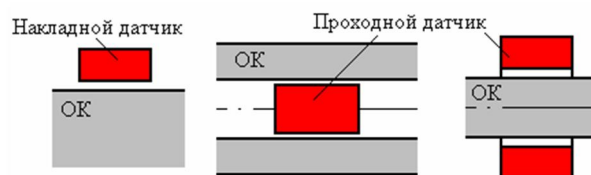
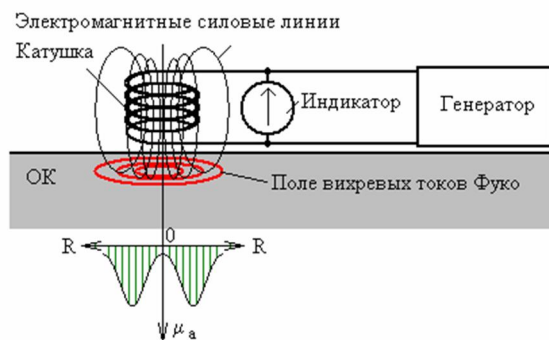


Метод магнитной памяти металла основан на измерении и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния металла, отражающих их структурную и технологическую наследственность. Установлено, что в зонах стального объекта, когда-либо претерпевавших повышенные механические напряжения (зоны концентрации напряжений, ЗКН), напряженность поля остаточной намагниченности металла H_p меняет свой знак либо обращается в нуль.

5. Характеристика вихрекового метода НК.

Вихрековый контроль основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля внешнего источника (обмотка возбуждения ВТП) электромагнитным полем вихревых токов, возбуждаемых в ОК переменным

магнитным полем ВТП.



Распределение плотности вихревых токов в электропроводящем объекте контроля определяется источником электромагнитного поля, геометрическими и электромагнитными параметрами объекта контроля, а также взаимным расположением ВТП и объектом контроля. Возбуждающая катушка ВТП может располагаться вблизи ОК (накладной ВТП), а также проходить внутри трубчатого ОК или облегать его (проходные ВТП). Электромагнитный вид контроля содержит только два метода: вихрековую дефектоскопию и вихрековую толщинометрию. Оба эти метода в отличие от магнитных могут

применяться на любых твердых металлах.

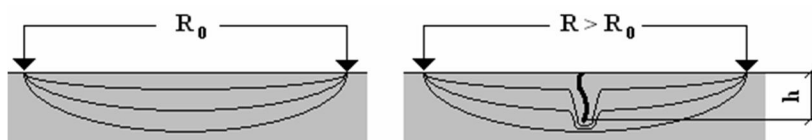
Вихретоковая дефектоскопия может выявлять наружные и подповерхностные (не глубже 2 мм) дефекты раскрытием от 1 мкм и более. Создаваемое катушкой поле вихревых токов Фуко однородно, если под катушкой нет дефектов. Это поле ответно возбуждает в катушке вторичную электродвижущую силу, в определенной степени изменяющую амплитуду тока. Вихретоковый метод дефектоскопии широко применяется в металлургии для контроля тонкостенных труб, прутков малого диаметра и проволоки.

Вихретоковая толщинометрия используется для измерения толщины металлизации на неметаллических материалах или наоборот – толщины защитных неметаллических покрытий на металле (например, электроизоляция). Понижение толщины исследуемого покрытия вызывает уплотнение поля вихревых токов под датчиком и усиление его влияния на амплитуду тока в катушке. Поскольку существует корреляция между толщиной покрытия и плотностью создаваемого поля токов Фуко, это и дает возможность численной оценки толщины покрытия этим методом, но в пределах не более 2мм.

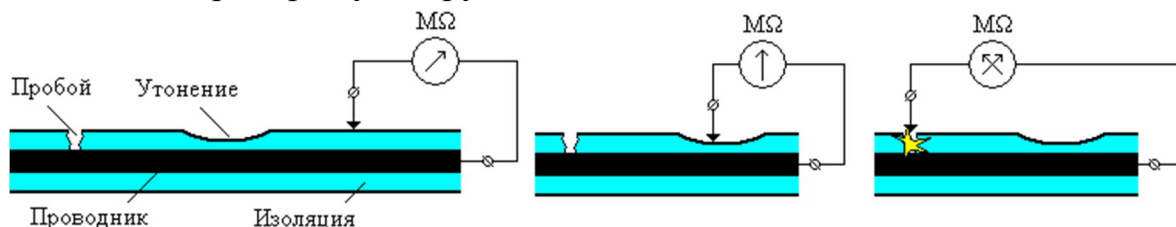
6. Характеристика электрического метода НК

Электрический метод основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом, или поля, возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия (термоэлектрический метод). Его применяют для контроля диэлектрических и проводящих материалов. Электрический метод позволяет определять дефекты различных материалов, измерять толщины стенок, покрытий и слоев, сортировать металлы по маркам, контролировать диэлектрические или полупроводниковые материалы. Недостатки метода: необходимость контакта с объектом контроля, жесткие требования к чистоте поверхности изделия, трудности автоматизации процесса измерения и зависимость результатов измерения от состояния окружающей среды. Электрический контроль включает в себя три метода: электропотенциальный, электроискровой и электроемкостный.

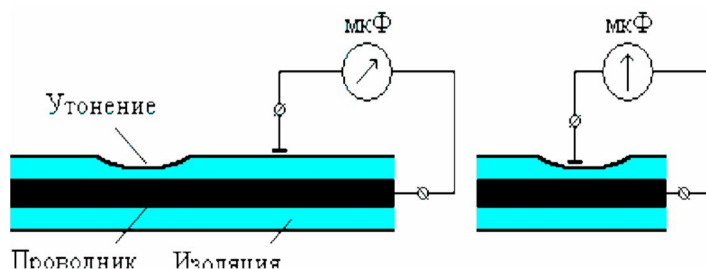
Электропотенциальный метод предназначен для измерения глубины наружных трещин в металле, выявленных ранее иными методами. Он основан на измерении электрического сопротивления R (микроомы) локального исследуемого участка электропроводящего объекта и сравнении результата с сопротивлением аналогичного эталонного (заведомо бездефектного) элемента такой же длины.



Электроискровой и электроемкостный методы предназначены для измерения толщины изолирующих покрытий проводников в электрических системах. Кроме того, электроискровой метод позволяет обнаруживать места сквозного пробоя изоляции. При этом основным элементом аппаратуры является – мегаомметр, один полюс которого подключается к исследуемому проводнику, а второй – к электроду, которым сканируют поверхность изоляции. В местах, где ее толщина уменьшается, наблюдается пропорциональное этому понижение сопротивления, а там, где есть сквозной пробой, возникает вольтова дуга (искра в этом случае показания прибора пульсируют



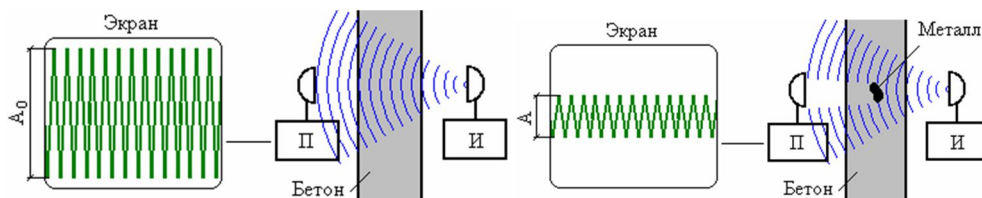
При электроемкостном методе основным элементом аппаратуры является измеритель емкости – микрофарадометр, один полюс которого подключается к исследуемому проводнику, а второй – к специальной металлической пластине, которой сканируют поверхность изоляции проводник и пластина, разделенные изоляцией, в совокупности создают конденсатор большой емкости. В местах, где есть уменьшение толщины изоляции, наблюдается пропорциональное этому понижению емкости.



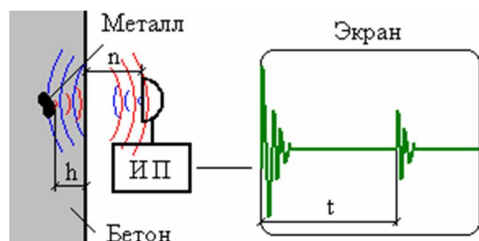
7. Охарактеризовать методы радиоволнового и радиационного НК.

Радиоволновый контроль применяется в строительстве для поиска и исследования метал. включений в неметал. материалах и. основан на том, что все металлы являются препятствием для радиоволн, отражая либо поглощая их. Методы радиоволнового контроля:

Сквозной (радиотеневой) метод: П- приемник, А – амплитуда, И - излучатель



Достоинства: непрерывность режима излучения радиоволн, что упрощает радиоаппаратуру; не критичен к заземлению исследуемых метал. включений. Недостатки: требует двустороннего доступа к объекту с максимально соосным расположением антенн И и П; не дает возможности определять глубину залегания метал. включений.

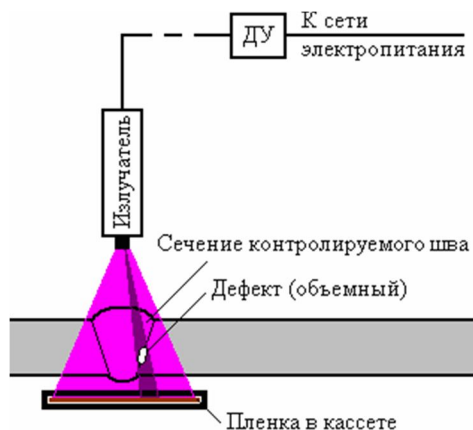


Радиолокационный метод.

Достоинства: не требует двустороннего доступа к объекту; позволяет автоматически определять глубину залегания

метал. включений. Недостаток заземленные металлические включения дают слабое отражение радиоволн.

Все методы *радиационного контроля* основаны на пропускании ионизирующего излучения через твердый материал объекта и методы чаще всего применяют при контроле качества сварных соединений. Группа методов:



Изображение на пленке после проявки



Рентгенографический метод - источником излучения - специальный генерирующий аппарат, располагаемый по одну сторону от объекта, а на другой стороне крепится рентгеновская фотопленка, упакованная в гибкую светонепроницаемую кассету.

Аппарат управляется дистанционно (ДУ) с помощью реле времени, которым задается время просвечивания (экспозиции).



Изображение на пленке после проявки



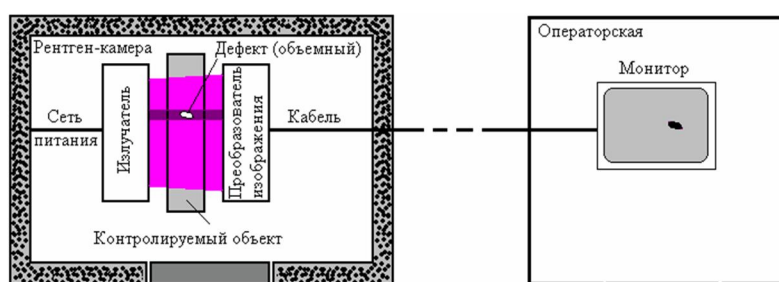
Гаммаграфический метод

применяет непрерывно самоизлучающие мощные естественные источники гамма-излучения - элементы из радиоактивных металлов

(уран, стронций, иридий, кобальт), помещенные в специальные

переносные свинцовые колбы с дистанционно управляемым затвором.

Рентгеноскопический метод



Достоинства радиационных методов – наглядность результатов контроля и возможность выявления мелких округлых дефектов (пор).

8. Краткая характеристика ультразвукового метода НК.

Акустический метод основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте. В этом методе чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, т.е. используют диапазон частот приблизительно от 0,5 кГц до 30 МГц.

АМ включает пассивные методы – методы контроля, при которых не требуется внесение в материал энергии данного вида (дефект сам проявляет себя ее излучением) и активные методы – методы контроля, при которых в материал вносится энергия данного вида и о состоянии материала судят по явлениям, происходящим с этой энергией.

Активные															Пассивные			
Ультразвуковые методы бегущих волн										Спектральные					Импедансный		Акустико-эмиссионный	
Основанные на прохождении			Комбинированные			Основанные на отражении				Вынужденных колебаний		Свободных колебаний						
Теневого мплитудный	Теневого временной	Велосиметрический	Зеркально-теневой	Эхо-теневой	Эхо-сквозной	Эхометод	Эхо-зеркальный метод	Дельта-метод	Дифракционно-временной	Реввербационный	Толщинометрия	Локальный	Интегральный	Локальный	Интегральный	Шумодиагностический	Вибродиагностический	

Спектральные методы основаны на анализе параметров

непрерывных не перемещающихся по объекту колебаний. Методы бегущих волн основаны на анализе параметров непрерывных (теневой амплитудный) или импульсных (прочие) перемещающихся по объекту колебаний (волн).

Акустические методы позволяют: выявлять глубинные дефекты типа нарушения сплошности, расслоения, непроклёп, непропаи; определять их координаты, размеры, ориентацию путём прозвучивания изделия и приёма отраженного от дефекта эхо-сигнала; для измерения толщины изделия (иногда применяют для обнаружения зоны коррозионного поражения, непропаев, расслоений в тонких местах из металлов); обнаруживать и регистрировать только развивающиеся трещины или способные к развитию под действием механической нагрузки; контролирует клеевые, сварные и паяные соединения, имеющие тонкую обшивку, приклеенную или припаянную к элементам жёсткости; применяется для обнаружения глубинных дефектов.