

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РК

- Радиационный неразрушающий контроль – это вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе ионизирующего излучения после его взаимодействия с объектом контроля. Этот вид контроля играет важную роль при определении качества материалов и изделий и поиске оружия и взрывных устройств в тех или иных конкретных ситуациях.
- Радиационный неразрушающий контроль в основном использует фотонное, нейтронное и электронное излучения.
- Он активно применяется при контроле:
 - качества материалов (выявление дефектов в слитках, литых изделиях, сварных и паяных соединениях);
 - качества функционирования узлов и механизмов;
 - контейнеров, багажа, почтовых отправлений;
 - продуктов (выявление инородных тел);
 - произведений искусства (обнаружение подделок);
 - в судебной практике и т.д.
- Многие методы РК в настоящее время стали общепринятыми. Однако ни один из них не является универсальным. Целесообразность применения каждого метода обусловлена конкретными условиями производства.
- На сегодняшний день получили распространение методы: рентгенография, гаммаграфия, радиоскопия, радиометрия, радиационно-спектральный метод, метод радиационно-структурного анализа, позитронный метод.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. Способы ускорения электронов.

- В радиационном контроле используют в основном три вида ионизирующих излучений:
 - рентгеновское,
 - гамма-излучение,
 - нейтронное излучения.
- Источниками рентгеновского излучения в промышленности служат ускорители электронов (рентгеновские аппараты, бетатроны, микротроны, линейные ускорители и т.п.) и источники бета-излучения.
- В качестве источников гамма-излучения используются в основном радиоактивные источники.
- Источниками нейтронов являются ядерные реакторы, радиоактивные источники и ускорители заряженных частиц (генераторы).
- Ускорители электронов различаются по конструкции, назначению, максимальной энергии электронов и другим характеристикам. Ускорители классифицируются по форме траектории частиц в ускорителе и принципу ускорения.
- По форме траектории электронов ускорители делятся на:
 - *линейные*, в которых траектории частиц близки к прямой линии,
 - *циклические*, в которых электроны под действием ведущего магнитного поля движутся по орбитам, близким к круговым.
- По принципу ускорения, т.е. по характеру ускоряющего электрического поля, ускорители классифицируются на:
 - *высоковольтные*,
 - *индукционные*,
 - *резонансные*.
- В высоковольтных ускорителях ускоряющее электрическое поле обусловлено большой разностью потенциалов между электродами ускоряющего промежутка и действует в течение интервала времени, значительно большего времени пролета электроном всего пути ускорения. В таких ускорителях траектория электронов является преимущественно прямолинейной.
- В ускорителях индукционного типа ускорение электронов осуществляется с помощью вихревого электрического поля. Могут быть линейные и циклические.
- Принцип ускорения резонансных ускорителей основан на так называемом резонансном ускорении, при котором движение электронов происходит синхронно с переменным ускоряющим полем. Частота ускоряющего поля может быть постоянной или монотонно изменяющейся. Ускорители этого типа могут быть линейные и циклические.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рентгеновские аппараты.

- *Рентгеновским аппаратом* называют совокупность технических средств, предназначенных для получения и использования рентгеновского излучения. В общем случае рентгеновский аппарат состоит из трех основных частей:
 - *рентгеновского излучателя*, включающего рентгеновскую трубку, являющуюся высоковольтным электровакуумным прибором, заключенную в защитный кожух;
 - *рентгеновского питающего устройства*, включающего в свой состав высоковольтный генератор и пульт управления;
 - *устройства для применения рентгеновского излучения*, служащего для приведения в рабочее положение излучателя.
- В современной рентгентехнике используются высоковакуумные (порядка 10^{-4} Па) трубки с двумя (катод, анод) и более электродами.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

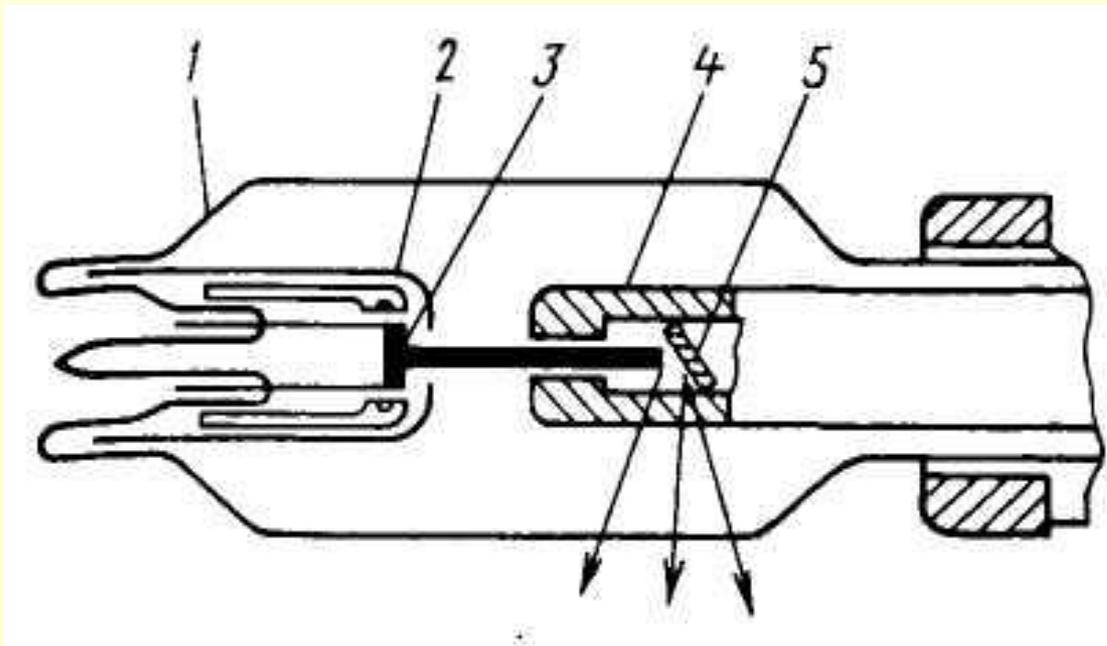


Схема рентгеновской трубки с направленным выходом излучения:

- 1 - стеклянный баллон;
- 2 - фокусирующий электрод;
- 3 - нить накала катода;
- 4 - чехол анода;
- 5 - мишень анода

- **Трубка** средней мощности состоит из вакуумно-плотного баллона, изготовленного из стекла или по металлокерамической технологии. Для этих целей обычно используется боросиликатное стекло (B_2O_3 , SiO_2), которое позволяет применять стеклянно-металлические вводы на основе ковара, имеющего коэффициент теплового линейного расширения, как и у стекла.
- Трубки со стеклянными баллонами чувствительны к тепловым и механическим ударам.
- Баллон металлокерамических трубок представляет собой металлический цилиндр, закрытый с обеих сторон керамическими дисками обычно из окиси алюминия. Высокие изоляционные характеристики такой керамики позволяют уменьшить размеры излучателей.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

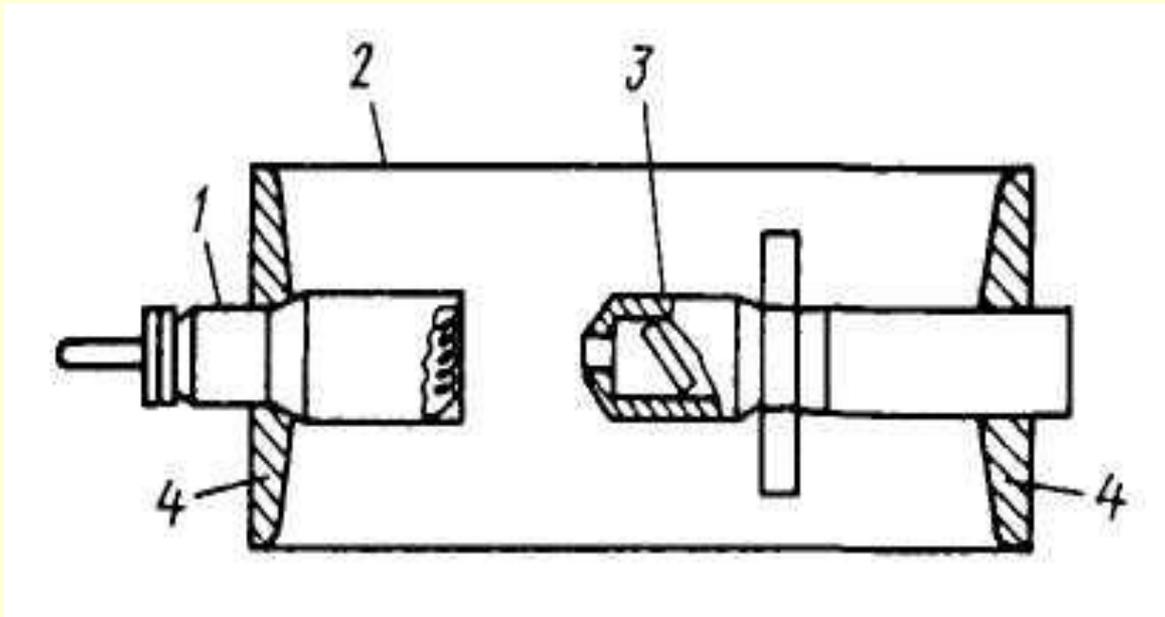


Схема металлокерамической рентгеновской трубки:

- 1 - катодный узел;
- 2 - металлический цилиндр;
- 3 - анодный узел;
- 4 - керамические диски

- **Катодный узел** включает вольфрамовую нить накала, закрученную, как правило, в спираль и окруженную металлическим электродом, создающим вокруг нее такую конфигурацию электрического поля, при которой электроны, выходящие из катода, движутся к аноду в виде узкого электронного пучка.
- Нить обычно питается переменным током (50Гц) от отдельного регулируемого трансформатора.
- Ток нити накала находится в пределах 1 ... 10 А. Ток трубки лежит в диапазоне несколько десятков микроампер, у микрофокусных трубок – до 20 мА.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Штативно-механические устройства.

- Основная их функция – перемещение и фиксация в пространстве рентгеновского излучателя.
- Обычно требуется обеспечить удобную подвижность излучателя по вертикали и вокруг горизонтальной оси.
- Основным условием качества крепления излучателя является жесткость, так как перемещение излучателя и его вибрация при проведении просвечивания резко ухудшают качество контроля.

Радионуклидные источники излучения.

- Радионуклидные источники – это источники ионизирующего излучения, содержащие радиоактивный материал.
- В практике радиационного контроля используются следующие характеристики радионуклидных источников излучения:

- индекс источника P_D , равный мощности D_0 полевой поглощенной дозы, создаваемой источником на расстоянии l , умноженной на квадрат этого расстояния

$$P_D = D_0 \times l^2 \text{ (Гр} \times \text{м}^2/\text{с)};$$

- полевая постоянная Γ_D , равная отношению индекса P_D к активности A источника

$$\Gamma_D = D_0 \times l^2 / A \text{ (Гр} \times \text{м}^2 / \text{с} \times \text{Бк)}).$$

- Индекс источника используют как меру плотности потока энергии фотонов, создаваемую источником.
- Полевая постоянная является мерой отношения плотности потока энергии фотонов, создаваемой источником, к его активности.

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- Детектором ионизирующего излучения называют чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации и измерения одной или нескольких величин, характеризующих воздействующее на детектор излучение.
- Чтобы подчеркнуть вид регистрируемого излучения, в наименовании добавляют термин-элемент, Например: детектор бета-частиц, детектор рентгеновского излучения и т.д.

Классификация детекторов.

- по форме представления измерительной информации – *аналоговые и дискретные*;
- по форме зависимости выходного сигнала детектора от значения измеряемой величины – *пропорциональные и непропорциональные*;
- по состоянию вещества чувствительного объема – *твёрдые, жидкостные и газовые*;
- по методам регистрации излучений:
 - *z-сцинтилляционные – радиолюминесцентные* (используется сцинтиллирующее вещество, испускающее кванты света под действием ионизирующего излучения);
 - *z-ионизационные* (используется ионизация в веществе чувствительного объема детектора);
 - *полупроводниковые – ионизационные* (используется электрическое поле для собирания неравновесных носителей зарядов, образованных ионизирующим излучением в полупроводниковом материале чувствительного объема детектора).

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

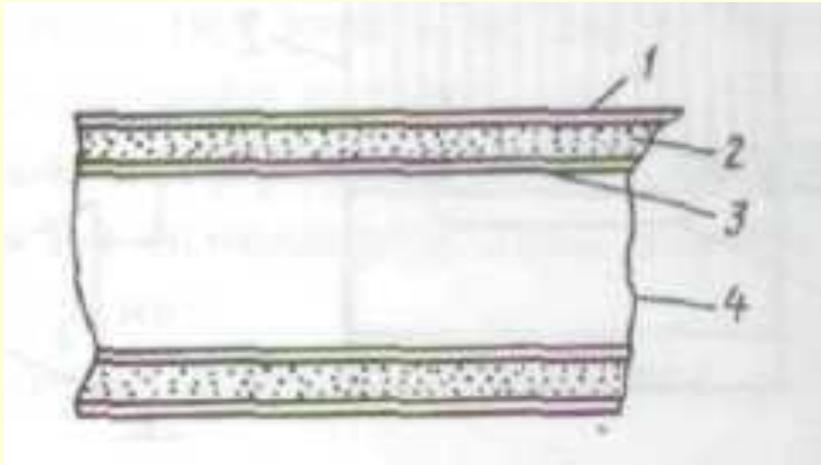
Принципы детектирования.

- Идеальный детектор должен детектировать каждую поступающую не него ионизирующую частицу и давать точную информацию о ее положении, энергии и времени поступления, также должен обеспечивать обработку достаточно больших потоков фотонов.
- Реальные детекторы не удовлетворяют всем этим требованиям, т.к.:
 - не все падающие на детектор фотоны взаимодействуют с ним;
 - необязательно все частицы взаимодействуют эффективно.
- Величину Q – долю падающих на детектор ионизирующих частиц, образующих измеримое событие и дающих вклад в выходной сигнал, называют **квантовым выходом детектора.**
- При анализе данных эксперимента с использованием идеального и реального детекторов было установлено, что Q идеального детектора = 1, а Q реального детектора = 0,81.

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Рентгеновская пленка.

- Главная часть - эмульсионный слой, представляющий собой желатиновую матрицу со взвешенными в ней мельчайшими кристалликами галогенида серебра.
- Подложка – прозрачная основа пленки, выполнена из ацетата целлюлозы, покрыта эмульсией с обеих сторон, что позволяет повысить квантовую эффективность пленки без увеличения времени на ее химико-фотографическую обработку.
- Когда пленка подвергается экспозиции, из галогенидов фотоэлектрически освобождаются электроны. Эти электроны захватываются центрами захвата в кристаллах. Здесь они нейтрализуются подвижными ионами серебра в зернах галогенидов, что приводит к осаждению в них мельчайших количеств металлического серебра.
- После обработки пленки те зерна, которые содержали больше некоторого количества серебра (обычно четырех атомов), полностью переводятся в металлическое серебро, а зерна, которые содержали меньше этого критического количества, не переводятся и удаляются в процессе фиксации.
- Экспонирование зерна пленки фактически осуществляется не самими рентгеновскими фотонами, а электронами, возникающими при взаимодействии фотона с веществом пленки.
- Наиболее резкое различие между экспонированием пленки с помощью фотонов видимого света и рентгеновскими фотонами обусловлено разностью в количествах энергии, передаваемой кристаллам бромида серебра при поглощении фотонов.



Структура рентгеновской пленки:

1 - слой твердой желатины;

2 - слой эмульсии;

3 - субстрат для сцепления эмульсии с подложкой;

4 - подложка

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- Экспозиция – это дозированное количество излучения, воздействующее на пленку.
- Оптическая плотность почернения радиографической пленки – это десятичный логарифм, обратный коэффициенту пропускания τ

$$S = \log(1/\tau),$$

где τ – отношение светового потока Φ , прошедшего через почернение пленки на прозрачной основе, к световому потоку Φ_0 , падающему на него.

- Пленки, пропускающие 1/10, 1/100 или 1/1000 падающего света, обладают оптической плотностью почернения 1, 2 и 3 соответственно.
- Оптическая плотность почернения пленки находится в прямой зависимости от экспозиции. Она характеризует непрозрачность негатива.
- Зависимость оптической плотности почернения от десятичного логарифма экспозиции является характеристической кривой рентгеновской пленки. Крутизна ее меняется непрерывно по всей длине.
- Из анализа этих кривых можно сделать вывод о том, что разность оптических плотностей почернения, соответствующая разности толщин ОК, зависит от той области характеристической кривой, на которую приходится экспозиция.
- Чем выше крутизна в этой области, тем лучше видны детали изображения на радиографическом снимке.

РЕГИСТРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В России выпускают 4 класса радиографических пленок:

- I класс, плёнки типа РТ-5, РТ-К - особомелкозернистые высококонтрастные безэкранные с низкой чувствительностью к излучению; они применяются для получения наилучшей выявляемости дефектов при просвечивании изделий из лёгких сплавов, а также при контроле высокоответственных изделий. Применяются с металлическими экранами и без них;

- II класс, плёнки типа РТ-4М, РТ-СШ - также мелкозернистые и высококонтрастные, но чувствительность их к излучению выше, чем у плёнок 1 класса. Предназначены для просвечивания изделий из лёгких сплавов и стали малой толщины. Применяются с металлическими экранами и без них;

- III класс, высокочувствительные к излучению безэкранные плёнки типа РТ-1. Они в основном используются для контроля толстостенных изделий. Применяются с металлическими экранами и без них;

- IV класс, плёнки типа РТ-2, РМ-1 - высокочувствительные к излучению экранные плёнки, обладающие высокой чувствительностью к излучению и высокой контрастностью при использовании флуоресцирующих экранов. Используются при контроле толстостенных изделий для выявления крупных дефектов.

РАДИОГРАФИЯ

Общие характеристики радиационных изображений.

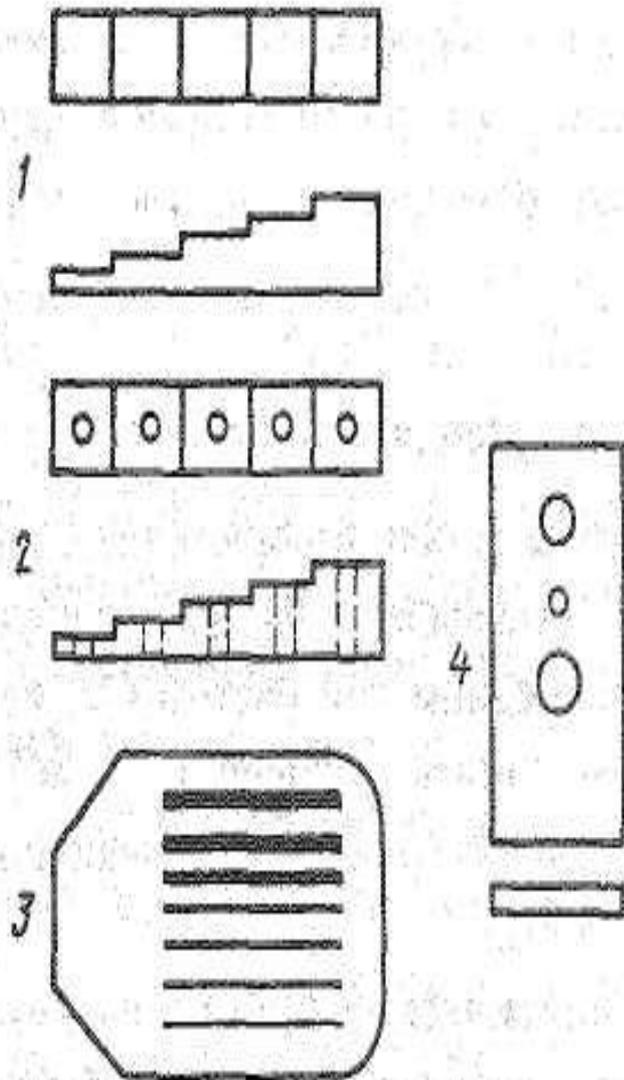
- Теория и практика радиационного контроля связана с анализом изображений.
- Радиационным изображением называют изображение, сформированное ионизирующим излучением в результате его взаимодействия с ОК,
- а теневым радиационным – радиационное изображение за ОК, сформированное широким или узким пучком ионизирующего излучения.
- В радиационных изображениях в качестве изменяющейся физической величины выбирают перенос ионизирующих частиц, перенос энергии ионизирующих частиц, дозу, экспозиционную дозу облучения.
- Качество анализируемого изображения определяется совокупностью многих параметров: энергетических, пространственно-частотных, статистических и временных.
- Выработка единого для всех приборов критерия качества изображений представляет значительные трудности, общепринятой точки зрения до сих пор нет.

РАДИОГРАФИЯ

Чувствительность радиационного контроля.

- Для оценки чувствительности используют эталоны чувствительности. Это установленные нормативными документами по форме, составу и способу применения тест-образцы, размеры элементов которых заданы.
- Чувствительность радиационного контроля должна соответствовать требованиям технической документации на ОК.
- Обычно эталоны чувствительности устанавливают на стороне ОК, обращенной к источнику излучения в области по возможности равномерной толщины, т.к. наибольшее искажение претерпевает структура, расположенная ближе к источнику.
- Если объект контроля имеет неравномерную толщину, то эталоны устанавливают на наиболее важную часть ОК или на ОК размещают несколько эталонов.
- На ОК, имеющий сварной шов с усилением, проволочные и пластинчатые эталоны могут размещаться на дополнительных пластинках такой толщины, чтобы выровнять радиационную толщину.
- Если невозможно установить эталон на стороне ОК, обращенной к источнику, то его можно разместить на части ОК, обращенной к пленке. Тогда вблизи маркировки эталона должно быть видно изображение свинцовой буквы «F».

РАДИОГРАФИЯ



- По химическому составу и плотности материала эталоны должны быть идентичны материалу ОК. В мировой практике – ступенчатый, ступенчато-дырочный, проволочный, пластинчатый.
- *Ступенчатый* – пять ступеней квадратной формы разной толщины.
- *Проволочный* – набор прямых проволочек установленных длин и размеров. При оценке чувствительности изображение проволочки считается выявленным, если четко видна непрерывная длина, не менее 10 мм, в области равномерной оптической плотности.
- *Ступенчато-дырочный* – набор пластинок, каждая из которых имеет по одному-два отверстия, просверленных насквозь под прямым углом к их поверхности. Наименьшая толщина ступени, которая вместе с отверстием выявляется на снимке, берется в качестве показателя чувствительности. Если ступень содержит два отверстия, то оба должны быть видимыми.
- *Пластинчатый* – пластина с цилиндрическими отверстиями установленных форм и размеров.

Эталон чувствительности радиационного контроля:

- 1 - ступенчатый;
- 2 - ступенчато-дырочный;
- 3 - проволочный;
- 4 - пластинчатый

РАДИОГРАФИЯ

Выбор рентгенографических пленок и их химико-фотографическая обработка.

- Выбор пленки определяется необходимостью получения рентгеновского снимка с определенной контрастностью и четкостью изображения.
- Контрастность пленки, ее чувствительность и гранулярность взаимосвязаны между собой, и высокочувствительные пленки имеют крупные зерна и низкий предел разрешения, а низкочувствительные – мелкие зерна и высокий предел разрешения.
- Хотя время экспонирования пленки должно быть как можно короче, использование высокочувствительной пленки ограничивается ее зернистостью, которая в значительной мере определяет качество изображения мелких дефектов.
- Поэтому выпускают пленки с достаточно широким диапазоном по чувствительности, контрастности и гранулярности.
- При выборе пленок надо исходить из того, что лучшее качество снимка обеспечивают пленки 1 и 2 классов.

РАДИОГРАФИЯ

- После экспонирования радиографическую пленку необходимо подвергнуть химической обработке. Все стадии обработки связаны между собой.
- Для получения хороших результатов необходимо соблюдать следующие общие правила:
 - а) выдерживать концентрацию химических реактивов, температуры растворов и время обработки в необходимых пределах;
 - б) использовать оборудование, баки, кюветы, выдерживающие химическое воздействие растворов, не загрязняя их;
 - в) оборудовать темную комнату соответствующими фонарями и приспособлениями, чтобы избежать вуалирования пленки;
 - г) поддерживать стерильную чистоту в фотолаборатории.

Проявление.

- Проявитель отыскивает экспонированные кристаллы галогенида серебра и преобразует их в черное металлическое серебро.
- Активность проявителя зависит от температуры раствора, которая регламентируется. Ее проверяют до начала проявления после перемешивания. В процессе проявки проявитель постепенно истощается, поэтому время проявления увеличивается.

Стоп-ванна.

- После проявления пленку необходимо промыть в проточной воде в течение двух минут, чтобы удалить с нее раствор проявителя. Его можно нейтрализовать 2...3 %-м раствором уксусной кислоты, поместив в него пленку на 0,5...1 мин.

РАДИОГРАФИЯ

Фиксирование.

- Фиксаж растворяет и удаляет из пленки галогенид серебра, вызывает затвердение желатины эмульсии, делая возможной сушку пленки теплым воздухом.
- Время для фиксажа в два раза превышает время проявки. Оно не должно превышать 15 минут. Раствор проявителя должен иметь такую же температуру, как проявитель и стоп-ванна.

Промывка.

- После фиксирования пленку промывают для удаления фиксажа из эмульсии. Промывка происходит в проточной воде в течение времени, равном двум периодам фиксирования. Температура промывки – около 20⁰С.

Сушка.

- Сушка проводится путем подвешивания пленки в сушильном шкафу при температуре не выше 40⁰С или на воздухе.
- При химической обработке пленки необходимо соблюдать правила безопасности:
 - работать в резиновых перчатках, водонепроницаемых фартуках;
 - помещение должно хорошо вентилироваться;
 - необходимо оборудованное место для промывки глаз.
- Рентгеновская пленка должна храниться при температуре 18...24⁰С и относительной влажности 40...60%. Коробки с пленками должны храниться на ребре.

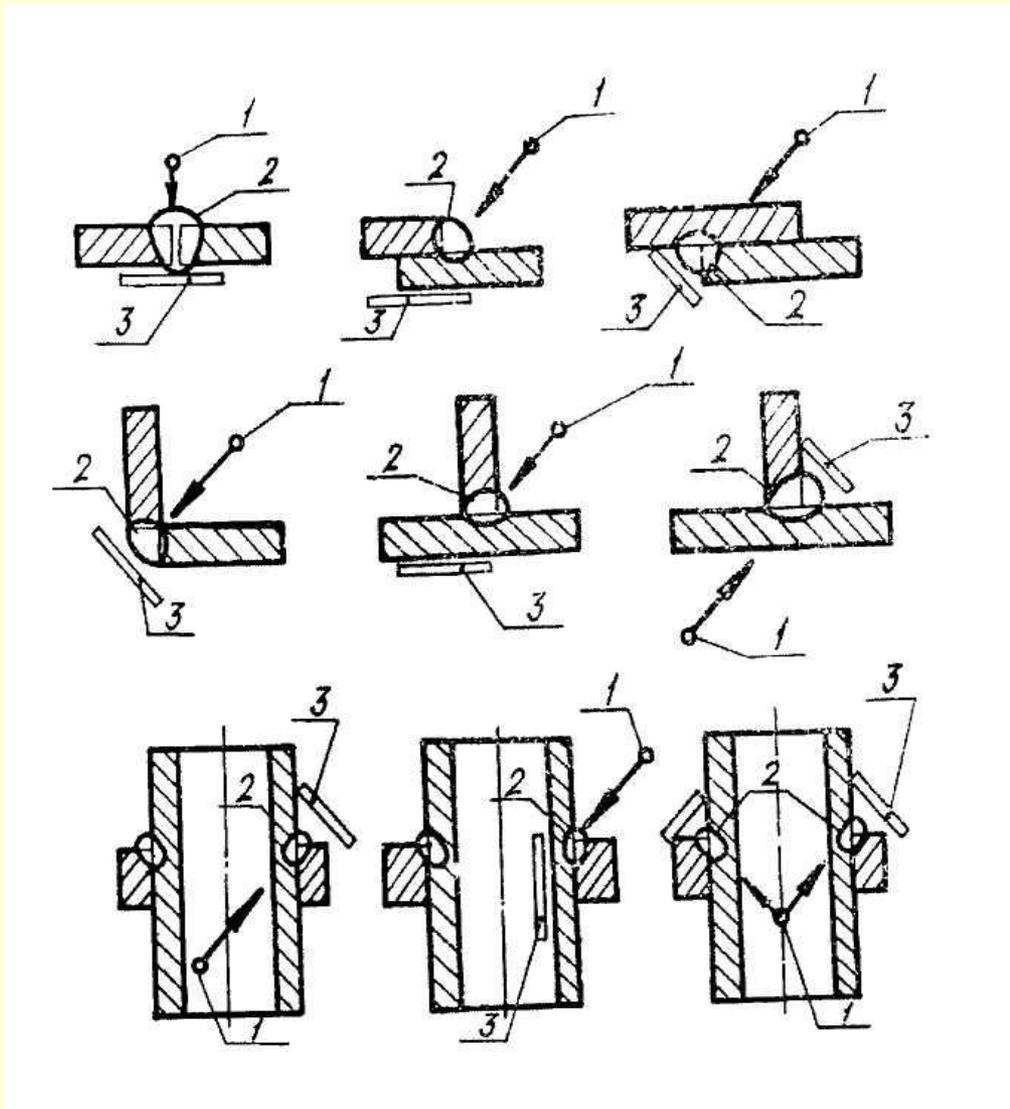
РАДИОГРАФИЯ

Принадлежности и материалы для рентгенографии.

- Необходимы: гибкие кассеты, усиливающие металлические и флуоресцирующие экраны, держатели кассет, маркировочные знаки, негатоскопы и т.д.
- Металлические усиливающие экраны предназначены для защиты пленки от рассеянного излучения и сокращения времени экспозиции.
- Они изготавливаются из листовой свинцовой фольги. Размеры – что и пленка. Толщина экрана: 0,02; 0,05; 0,09; 0,16; 0,2; 0,5 мм. Толщина 0,02 - 0,07 мм сокращает экспозицию в 2-3 раза.
- Флуоресцирующие усиливающие экраны предназначены для существенного сокращения экспозиции.
- Их изготавливают из картона, с одной стороны которого нанесено флуоресцирующее вещество. Усиливающее действие этих экранов обусловлено добавочным воздействием на эмульсию пленки света флуоресцирующего вещества, возбужденного излучением.
- Магнитные держатели обеспечивают прижатие пленки к ОК.
- Маркировочные знаки предназначены для нумерации и разметки снимков.
- Негатоскопы предназначены для расшифровки снимков.

РАДИОГРАФИЯ

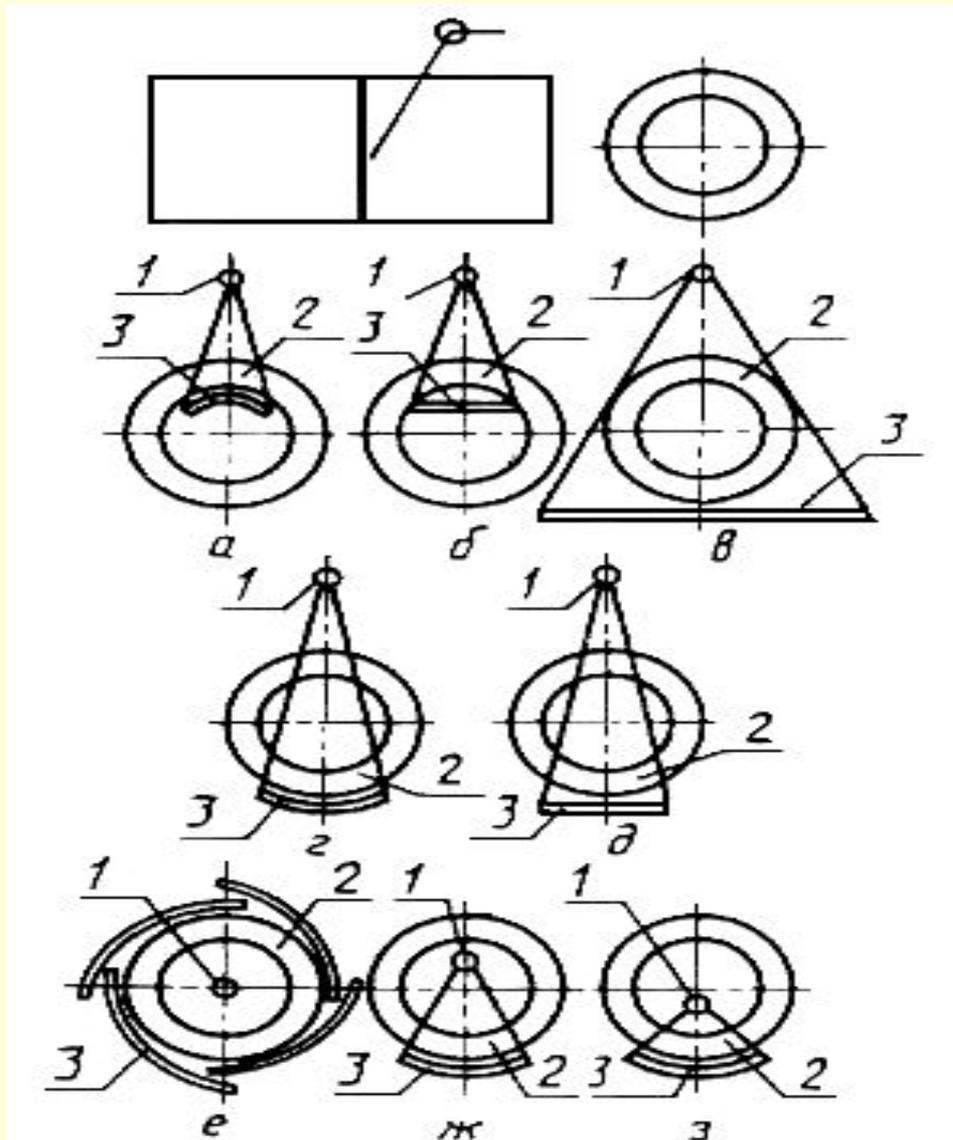
СХЕМЫ КОНТРОЛЯ СТЫКОВЫХ, НАХЛЕСТОЧНЫХ, УГЛОВЫХ И ТАВРОВЫХ СРЕДИНЕНИЙ



1 - источник излучения;
2 - контролируемый
участок;
3 - кассета с пленкой

РАДИОГРАФИЯ

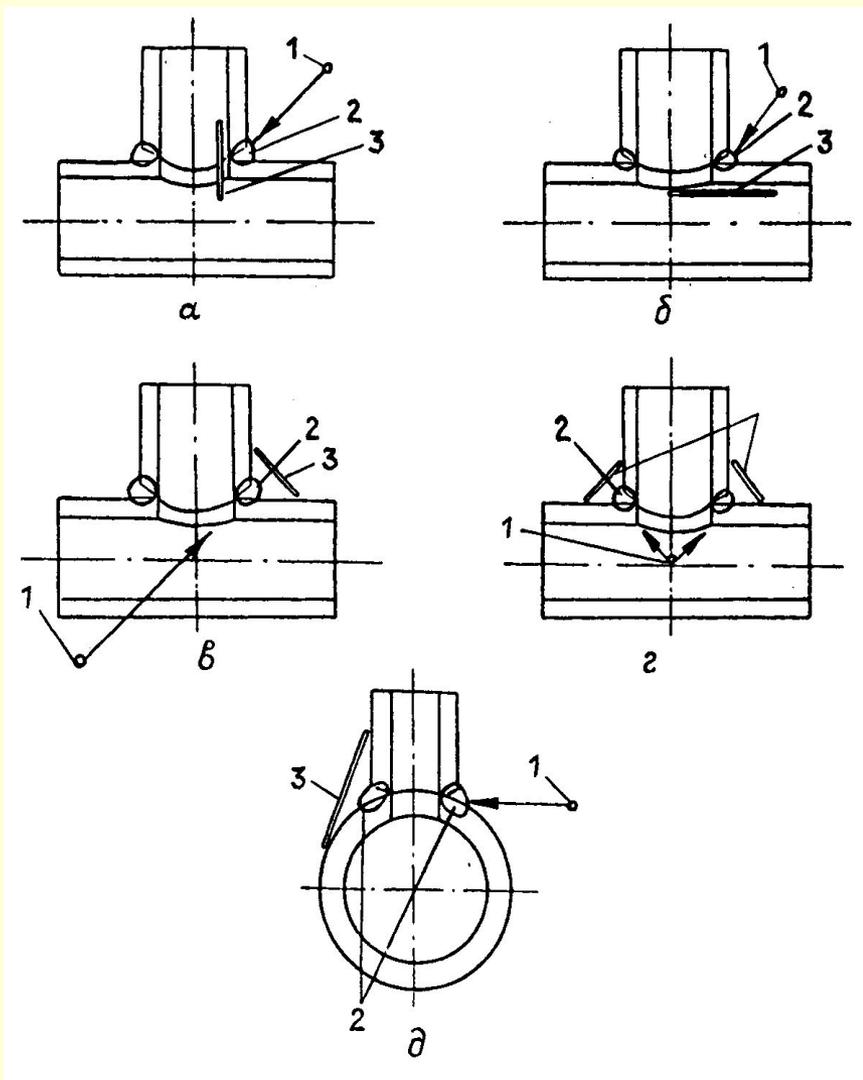
СХЕМЫ КОНТРОЛЯ КОЛЬЦЕВЫХ (СТЫКОВЫХ, НАХЛЕСТОЧНЫХ, УГЛОВЫХ И ТАВРОВЫХ) СРЕДИНЕНИЙ



- 1 - источник излучения;
- 2 - контролируемый участок;
- 3 - кассета с пленкой

РАДИОГРАФИЯ

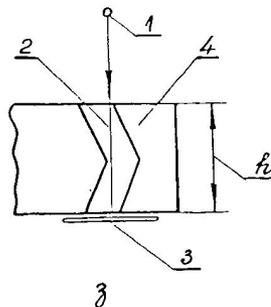
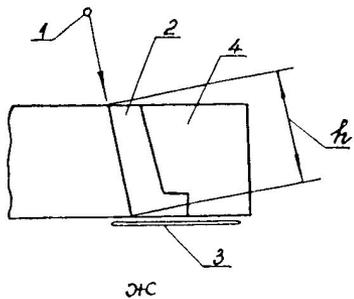
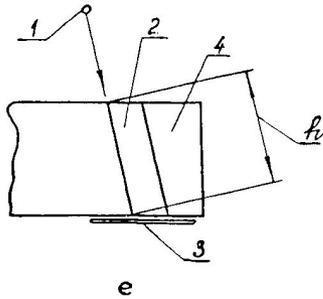
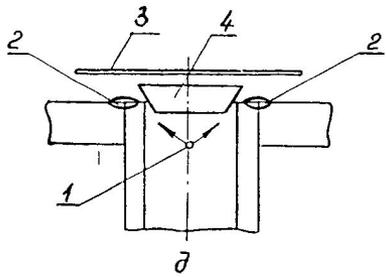
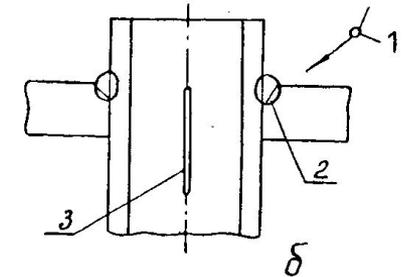
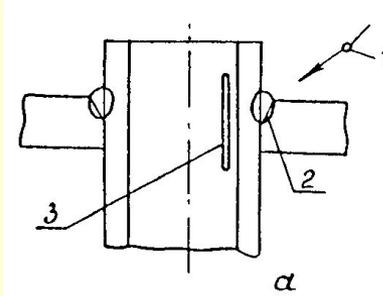
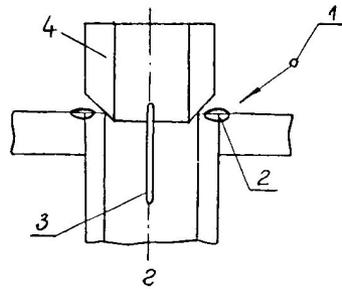
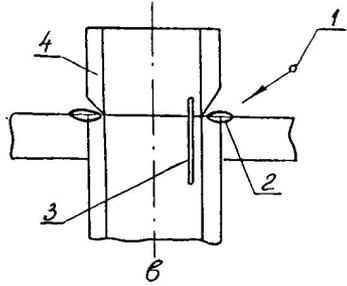
СХЕМЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВВАРКИ ШТУЦЕРОВ



а-г - для стационарных условий;
д - для монтажных условий;
1- источник излучения;
2 - контролируемый участок;
3 - кассета

РАДИОГРАФИЯ

СХЕМЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВВАРКИ ТРУБ В ТРУБНЫЕ ДОСКИ



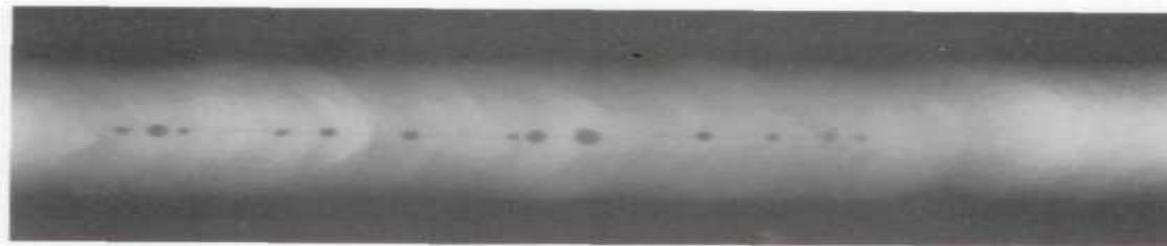
- 1 - источник излучения;
- 2 - контролируемый участок;
- 3 - кассета;
- 4 - приставка-компенсатор

РАДИОГРАФИЯ

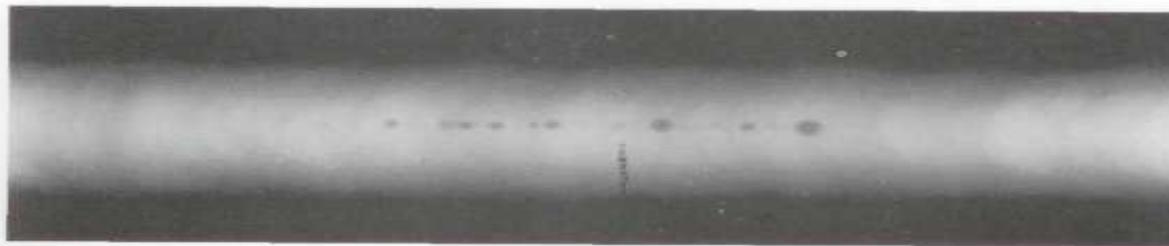
Расшифровка радиографических снимков.

- На процесс расшифровки влияют следующие факторы:
 - характеристики ОК (форма, толщина, материал, ориентация и типы дефектов);
 - характеристики средств контроля (источника излучения, регистрирующих средств и методов обработки);
 - характеристики картины (яркость фона, плотность помех и ложных сигналов);
 - характеристики оператора (острота зрения, тренированность, утомление, индивидуальные особенности. Разнородные факторы: освещенность, шум и вибрация).
- Для проверки существуют контрольные снимки.
- При просмотре и расшифровке снимков используют негатоскопы – специальные устройства, состоящие из осветителя большой мощности и матового экрана, диффузно рассеивающего свет, регулятора яркости, шторок для ограничения размеров поля просмотра.
- Негатоскопы классифицируются на четыре группы:
 - для локального просмотра снимка;
 - просмотра ленточной пленки;
 - просмотра больших площадей;
 - комбинированные.

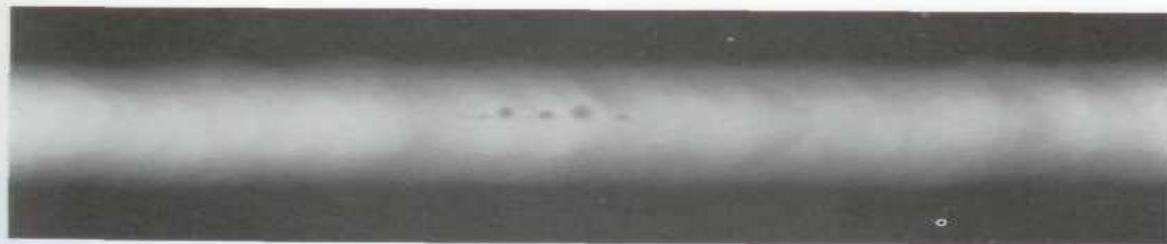
РАДИОГРАФИЯ



а)



б)



в)

Рис. 8.8. Рентгенограммы сварных швов.
а, б, в – цепочки пор, непровар

РАДИОГРАФИЯ



а)



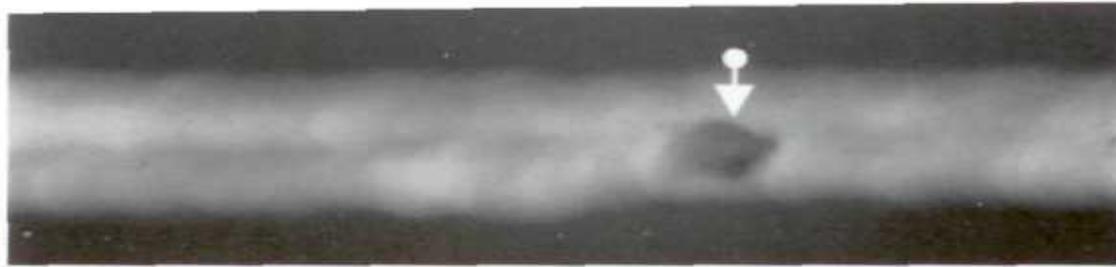
б)



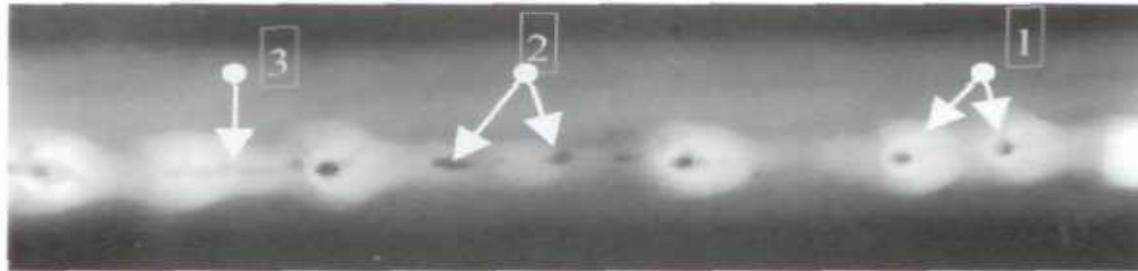
в)

Рентгенограммы сварных швов. а, б, в - скопления пор.

РАДИОГРАФИЯ



а)



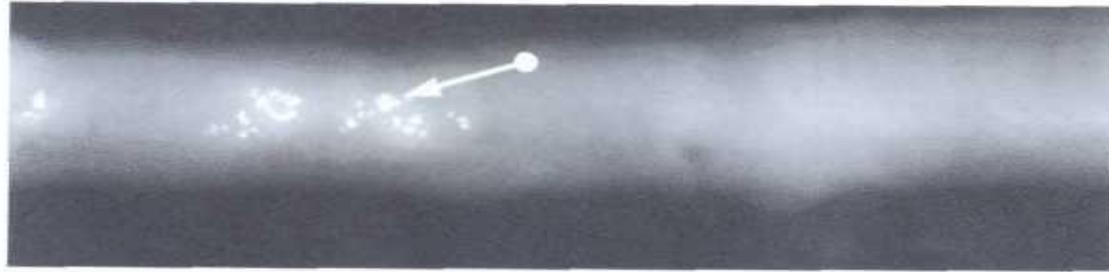
б)



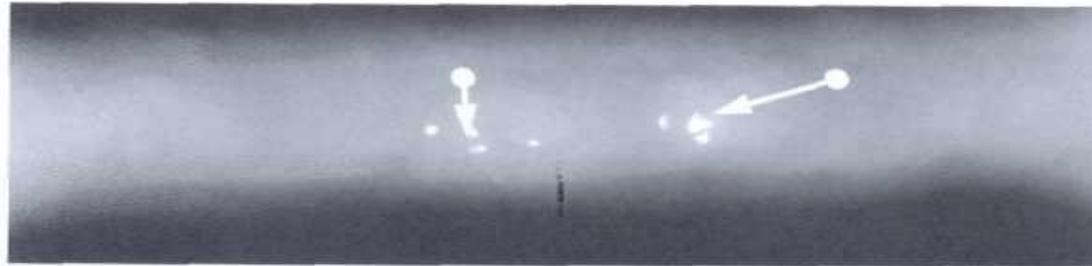
в)

Рентгенограммы сварных швов. **а** - свищ; **б** - **неравномерная** выпуклость корня шва. (1 - «сосульки»; 2 - поры; 3 - пора и непровар); **в** - подрезы в корне шва.

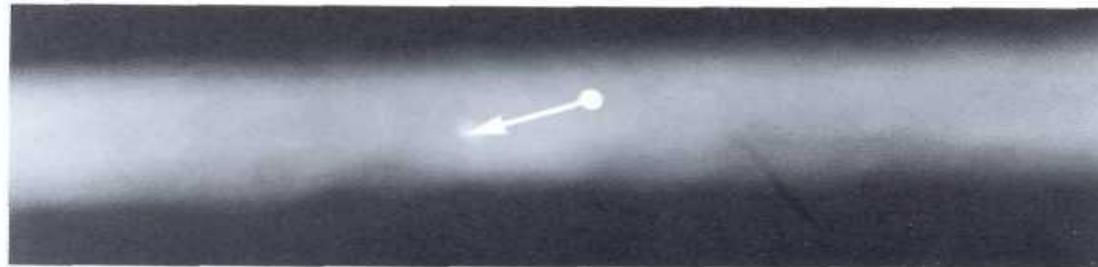
РАДИОГРАФИЯ



а)



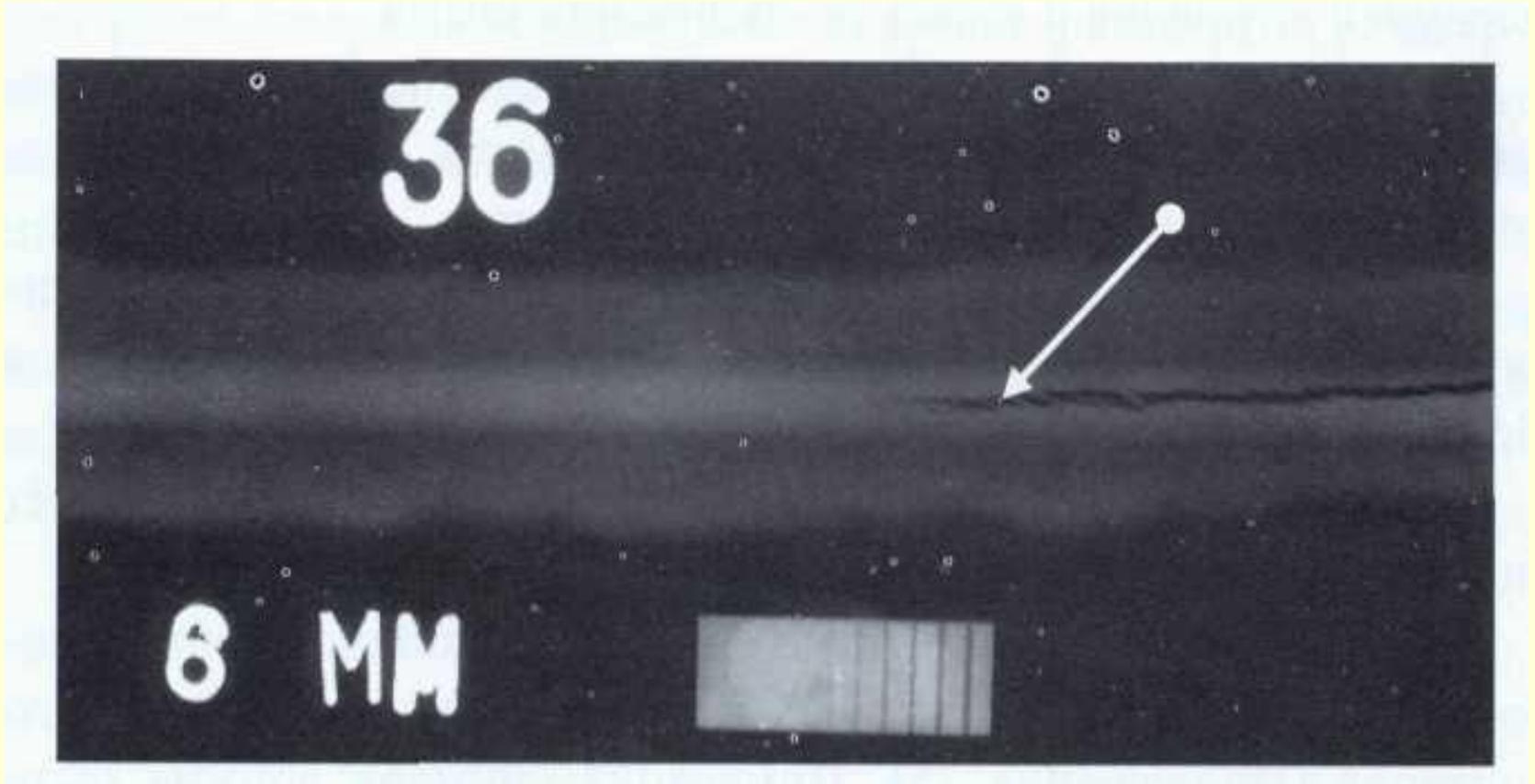
б)



в)

Рентгенограммы сварных швов. а - скопления и отдельное вольфрамовое включение; б - скопления и отдельные вольфрамовые включения; в - отдельное вольфрамовое включение.

РАДИОГРАФИЯ



Стыковой сварной шов листового алюминиевого сплава толщиной 6,0 мм. Выявленные дефекты: - трещина.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационные факторы опасности.

- При использовании радионуклидных источников излучения основным фактором опасности является внешнее облучение персонала гамма-, бета- (возникающее при этом тормозное) и нейтронным излучениями. Облучение может быть общим или местным.
- Использование рентгеновских аппаратов может сопровождаться действием на персонал первичного и вторичного (рассеянного) излучения. Генерация проникающего излучения прекращается после окончания подачи высокого напряжения на трубку.
- Данные о дозах облучения дефектоскопистов свидетельствуют о том, что наибольшему радиационному воздействию подвергается персонал при эксплуатации переносных гамма-дефектоскопов.
- По степени радиационного воздействия на дефектоскопистов можно выделить три категории работ:
 - зарядка, перезарядка, ремонтно-профилактические и наладочные работы;
 - эксплуатация переносных дефектоскопов в условиях цеха и в полевых условиях;
 - эксплуатация дефектоскопов в лабораториях.
- Дозы облучения при проведении работ по п.1 и 2 могут быть равны 0,3 ПД и выше. Облучение персонала, проводящего работы по п.3, находится на уровне естественного радиационного фона или незначительно его превышают.

Нерадиационные факторы опасности.

- Это ток в электрических цепях, озон и окислы азота (результат радиолиза воздуха под действием рентгеновского излучения).
- Система обеспечения радиационной безопасности:
 - Защита от факторов опасности.
 - Контроль на всех стадиях разработки и создания установок и их эксплуатации.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Защита от ионизирующих излучений:

- нормирование времени облучения (профессиональной работы);
- удаление на безопасное расстояние от места просвечивания (закон обратных квадратов);
- использование защитных устройств.
- Защитные устройства можно подразделить на передвижные (экраны, ширмы) и стационарные (ограждения, перекрытия).
- В передвижных защитных устройствах в основном используют свинец, железо, вольфрам, уран. В стационарных защитных устройствах – бетон, баритобетон, кирпич.
- Наиболее часто используются следующие материалы:
 - свинец в виде листов, блоков, отливок;
 - свинцовое стекло в виде листов толщиной 10, 15, 20 и 25 мм (для окон в защитных устройствах);
 - свинцовая резина толщиной 3 мм;
 - вольфрам в виде порошка с медью и никелем, спеченных при высокой температуре;
 - барит (минерал) входит в состав баритобетона;
 - бетон применяют для сооружения защитных устройств при эксплуатации источников излучения с энергией фотонов более 400 кэВ.
- К работе с ИИИ допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, удовлетворяющие квалификационным требованиям.

Преимущества и недостатки РК

Преимущества РК	Недостатки РК
<ul style="list-style-type: none">• Возможность контроля деталей различной формы. Большая интенсивность излучения и возможность регулирования его энергии.• Документальность результатов контроля.	<ul style="list-style-type: none">• Громоздкость и сложность рентгеновской аппаратуры.• Относительно низкая чувствительность к усталостным трещинам.• Недостаточная технологическая маневренность при просвечивании в полевых условиях и в условиях монтажа конструкции.• Относительно низкая производительность, более высокая стоимость контроля по сравнению с ультразвуковым методом.• Необходимость устройства защиты работающих от рентгеновского излучения.