

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «Технотест»



Г.Н. Тузенко
«03» февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ»
(ВИК)**

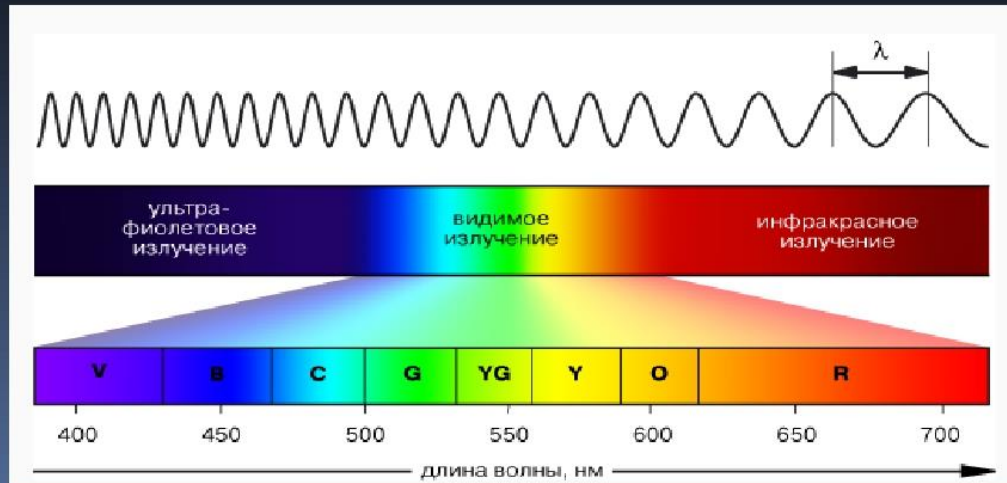
**Тема 2. Визуальный и измерительный контроль. РД 03-606-03
Лекция: 3 ч.**

- *Физические основы визуального и измерительного контроля;*
- *Задачи, решаемые с применением визуального и измерительного контроля;*
- *Выявление дефектов;*
- *Понятие дефекта, понятие брака;*
- *Классификация дефектов;*
- *Дефекты основного металла. Причины образования и методы устранения;*
- *Дефекты сварных соединений. Причины образования и методы устранения;*
- *Условные обозначения дефектов.*
- *Стадии производства, на которых применяется визуальный и измерительный контроль;*
- *Персонал, допускаемый к проведению ВИК;*
- *Преимущества и недостатки визуального и измерительного контроля.*

Визуально-оптический контроль – неразрушающего метод контроля, основанный на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом. Это единственный метод неразрушающего контроля, который может выполняться и часто выполняется без какого-либо оборудования или проводится с использованием простейших измерительных средств. Он позволяет выявлять поверхностные поры и трещины, подрезы, кратеры, прожоги, свищи, наплывы, смещения кромок и другие дефекты. К недостаткам метода можно отнести низкую вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов, а также зависимость выявляемости дефектов от субъективных факторов (острота зрения, усталость, опыт работы выполняющего контроль специалиста) и условий контроля (освещенность, оптический контраст и др.).

Свет – электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 380 нм до 760 нм (0,4-0,8 мкм).

Свет - электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом, которые занимают участок спектра с длиной волны приблизительно от 380 (фиолетовый) до 740 нм (красный).



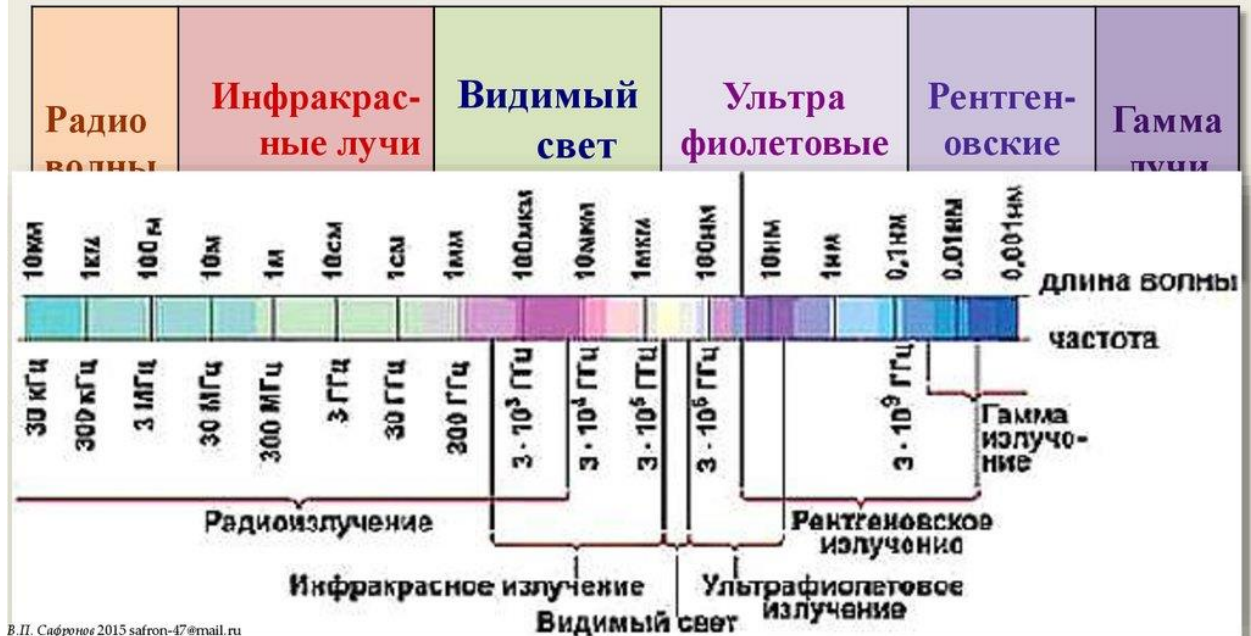
Законы геометрической оптики.

Контроль поверхностных дефектов непрозрачных материалов проводится в отраженном свете. По характеру распределения светового потока выделяют виды отражения:

- направленное (зеркальное);
- направленно-рассеянное – отражение от металла. - рассеянное;
- диффузно-рассеянное.

Шкала электромагнитных волн

Электромагнитные волны, длины волн которых отличаются на несколько порядков, имеют качественно различные свойства: по мере перехода к малым длинам волн волновые свойства (интерференция и дифракция) проявляются слабее, а корпускулярные (фотоэффект) — сильнее.



В.П. Сафронов 2015 safron-47@mail.ru

Законы отражения света:

1-й закон: Падающий и отраженный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости (плоскость падения).

2-й закон: Угол падения α равен углу отражения γ .

Закон преломления света:

1-й закон: Падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

2-й закон: Углы падения и преломления связаны между собой законом Снеллиуса-Декарта:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

Относительный показатель преломления двух сред равен отношению скорости распространения волн в первой среде v_1 к скорости их распространения во второй среде v_2 :

$$n = v_1 / v_2$$

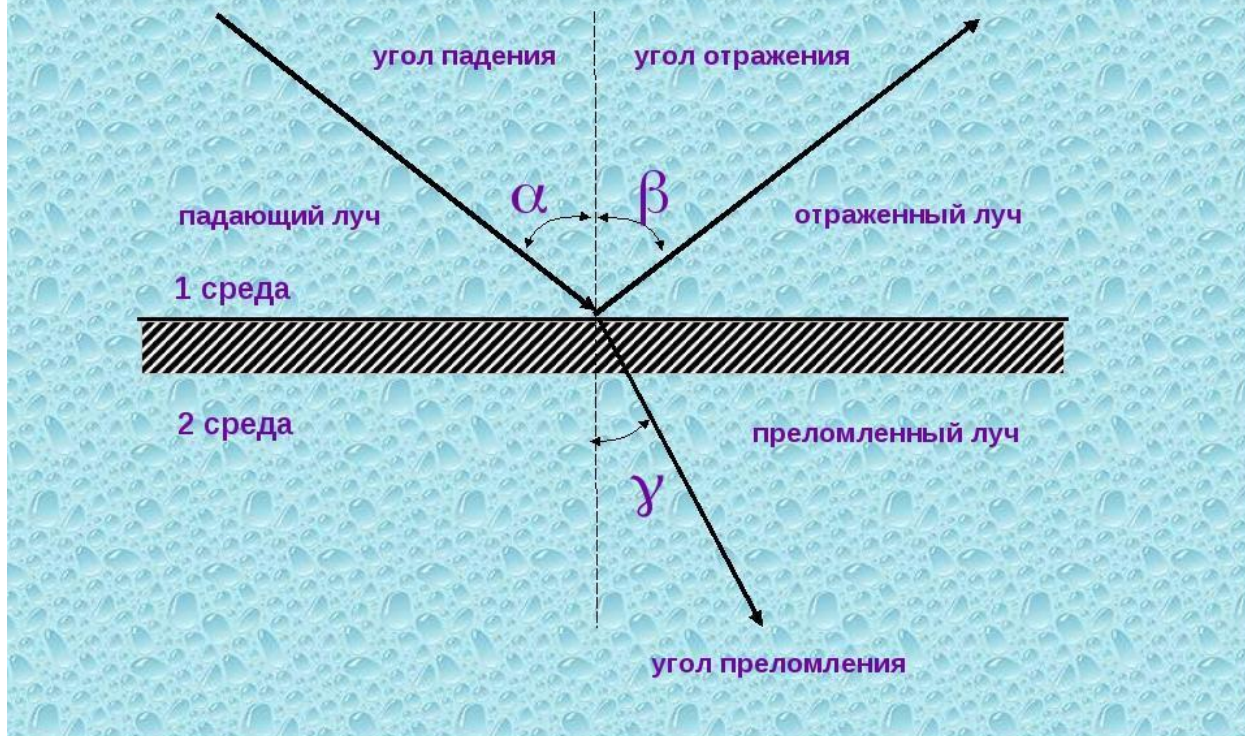
Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света c в вакууме к скорости света v в среде:

$$n = c / v$$

Среду с меньшим абсолютным показателем преломления называют оптически менее плотной. При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную $n_2 < n_1$ можно наблюдать явление полного отражения, то есть исчезновение преломленного луча.

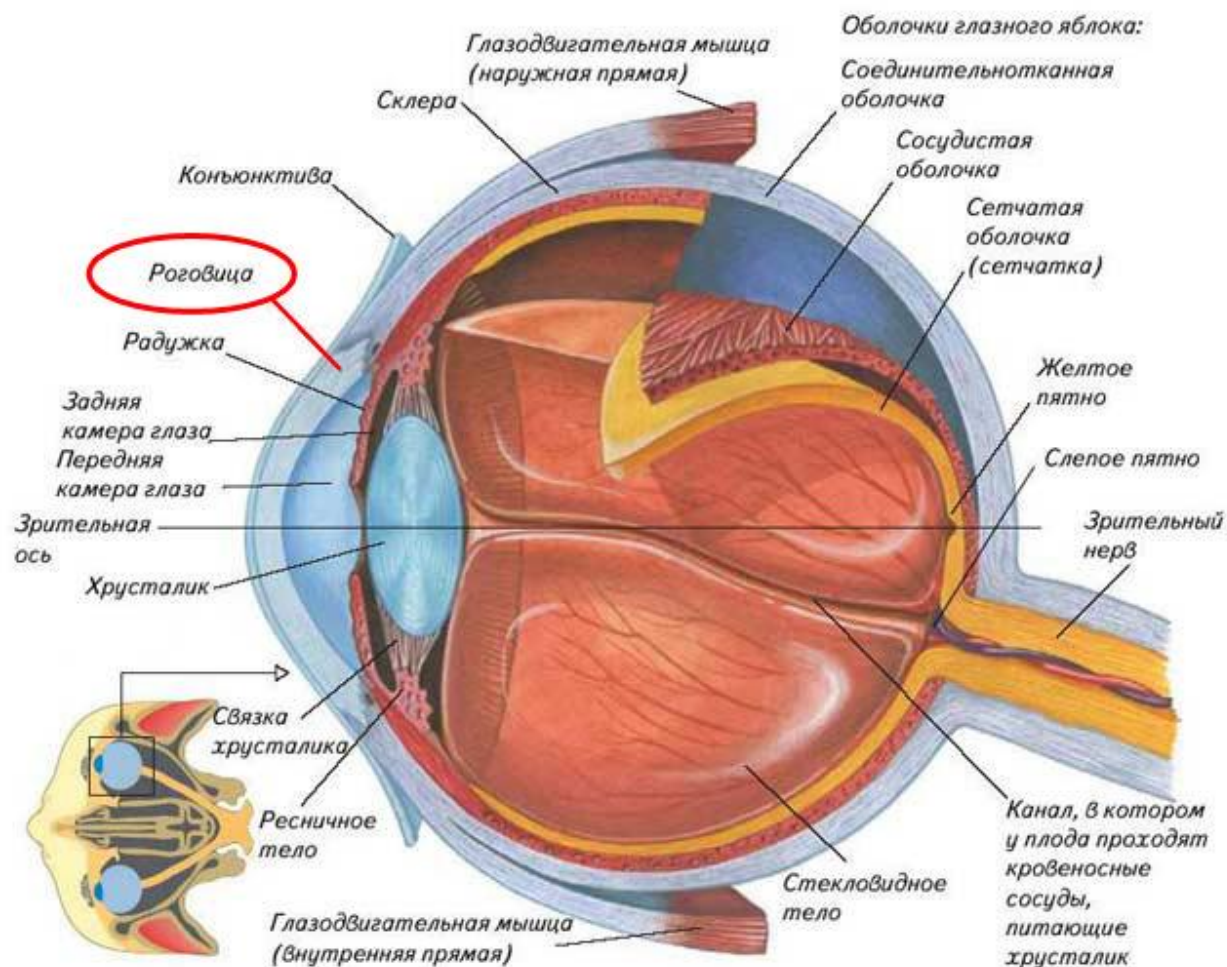
При критическом угле падения $\alpha_{\text{пр}} = \arcsin 1/n$ угол преломления равен 90° и наступает явление полного внутреннего отражения (при $\alpha > \alpha_{\text{пр}}$ все лучи отражаются, не преломляются).

Явление преломления света



Глаз как средство контроля

Глаз человека является основным контрольным прибором в дефектоскопических производственных процессах. Визуально определяют состояние защитных покрытий, контролируют качество изделий по их цвету и осуществляют другие контрольные функции. Основные преломляющие элементы глаза – роговица и хрусталик. Оптическая сила роговицы почти постоянна и составляет примерно 43 дптр.



Хрусталик глаза представляет собой двояковыпуклую линзу, которая проецирует изображение предмета на сетчатку глаза. Кривизна хрусталика может изменяться. Этим обеспечивается изменение оптической силы хрусталика от 19 до 33 дптр и достигается аккомодация глаза, т. е. наводка на резкость.

Аккомодация – способность глаза приспосабливаться к четкому видению различно удаленных предметов благодаря изменению кривизны хрусталика, его оптической силы. Между роговицей и хрусталиком находится радужная оболочка с отверстием переменного диаметра – зрачком, который выполняет роль диафрагмы. При больших (дневных) освещенностях диаметр зрачка глаза равен 2 – 3 мм, а при низкой освещенности (менее 0,01лк) увеличивается до 6 – 8 мм. В сетчатке, на которую фокусируется изображение, расположены светочувствительные клетки – палочки и колбочки. Палочки более светочувствительны, чем колбочки. При темновой адаптации они позволяют отличать белую поверхность от черной при освещенности 10^{-6} лк. Но палочки не различают цветов.

Адаптация – способность глаза приспосабливаться к различным условиям освещенности. Колбочки чувствительны к цветам, но менее чувствительны к освещенности. Они не работают при освещенности 10^{-2} лк. Поэтому при низкой освещенности люди цветно-слепы. Практически цветное зрение начинается при освещенности около 1 лк. При освещенности выше 10^2 – 10^3 лк зрение является почти чисто колбочковым. Палочки и колбочки распределены в сетчатке неравномерно.

В соответствии с распределением в сетчатке палочек и колбочек поле зрения одного глаза условно можно разделить на три зоны:

- зона наиболее четкого видения – центральная с полем зрения около 2° ;
- зона ясного видения, в пределах которой (при неподвижном глазе) возможно опознавание предметов без различения мелких деталей, с полем зрения около 30° по горизонтали и около 22° по вертикали;
- зона периферического зрения, в пределах которой предметы не опознаются. Эта зона имеет важное значение для ориентации. Величина поля периферического зрения составляет 150° по горизонтали и 125° по вертикали.

Биноккулярное зрение – способность человека воспринимать рассматриваемый предмет одновременно обоими глазами. Обязательным условием биноккулярного зрения является перекрытие зрительного поля обоих глаз.

Видимость объектов. Контрастная чувствительность зрения.

Под видимостью понимают степень различимости объектов при их наблюдении. Для НК существенное значение имеет видимость близко расположенных объектов. Эта видимость, помимо психофизиологических свойств зрения, зависит от продолжительности рассматривания, а также от следующих основных факторов: контраста, яркости, цвета, угловых размеров объектов, резкости их контуров и условий освещения.

Под контрастом понимают свойство объекта выделяться на окружающем фоне благодаря различию их оптических свойств.

Остротой зрения называют способность глаза замечать мелкие детали или различать их форму. Остроту зрения чаще всего определяют величиной минимального углового размера объекта, воспринимаемого глазом при максимальном контрасте.

Для нормального глаза в оптимальных условиях осмотра острота зрения составляет 1'.

Разрешающей способностью называют способность глаза различать 2 точки отдельно друг от друга под минимальным углом. Острота зрения и разрешающая способность характеризуют возможность глаза видеть мелкие объекты. Острота зрения и разрешающая способность зависят от освещенности объекта, диаметра зрачка глаза, продолжительности осмотра, спектральной характеристики объекта и других факторов. На разрешающую способность и остроту зрения оказывает влияние также иррадиация, которая заключается в кажущемся увеличении размеров светлых предметов на темном фоне.

Время, необходимое для возникновения зрительного ощущения, зависит от яркости объекта и длины волны и в среднем колеблется от 0,025 до 0,1 с. 12

Обычно для осмотра деталей естественного света недостаточно, поэтому даже в дневное время приходится пользоваться искусственным освещением. Освещенность на рабочем месте для контроля и система искусственного освещения выбираются в зависимости от цвета и яркости проверяемых деталей, размеров отыскиваемых дефектов и их контраста с фоном.

Общее освещение – светильники равномерно распределены по всей площади помещения и создают во всех его точках примерно одинаковую освещенность.

Местное освещение – светильники (стационарные или переносные) расположены только на рабочем месте. При таком освещении в разных точках помещения создается резко различающаяся освещенность. Комбинированное освещение – на рабочих местах имеется местное освещение, а по всей площади помещения – общее, создающее освещенность не менее 10 % от нормируемой при комбинированном освещении.

Параметры источника излучения выбирают так, чтобы обеспечить максимальный контраст изображения. Наименьший размер выявляемых дефектов должен не менее чем в 3 раза превышать величину микронеровностей рельефа поверхности.

Все виды визуально-оптического контроля требуют повышенной остроты зрения, чтобы с максимальной быстротой обнаруживать, воспринимать и различать дефекты на поверхности деталей или, внутри полых изделий и закрытых конструкций. Для глаза наиболее благоприятные условия создают так называемые оптимальные цвета. К ним относятся достаточно светлые тона желтой и зеленой зоны спектра при слабой и средней их насыщенности.

Задачи визуального и измерительного контроля

Его проводят на этапе сборки, монтажа, ремонтно-восстановительных и укрепляющих работ, эксплуатации, освидетельствования, экспертизы промышленной безопасности для того, чтобы:

- подтвердить соответствие изделий и заготовок положениям ТУ, стандартов, конструкторской документации;
- выявить деформацию, расслоения, забоины, прожоги, закаты, раковины, подрезы, свищи, наплывы, трещины и иные дефекты, а также следы коррозии и эрозии. Визуальный и

измерительный контроль способен обнаруживать также дефекты, оставшиеся после рубки металла, флюсовые, шлаковые, окисные, вольфрамовые включения, завороты корки, прокатные плены, пузыри, рябизну и многое другое;

- измерить их протяжённость, глубину, ширину раскрытия и оценить степень их допустимости;
- проверить геометрические параметры, соосное расположение деталей под сварку, угол между ними, зазоры между ними, смещение кромок;
- после удаления дефекта – убедиться, что выборка дефектного участка и последующая заварка соответствуют нормативным требованиям.

ДЕФЕКТЫ

Выявление дефектов;

- Понятие дефекта, понятие брака;

- Классификация дефектов;

- Дефекты основного металла. Причины образования и методы устранения;

- Дефекты сварных соединений. Причины образования и методы устранения;

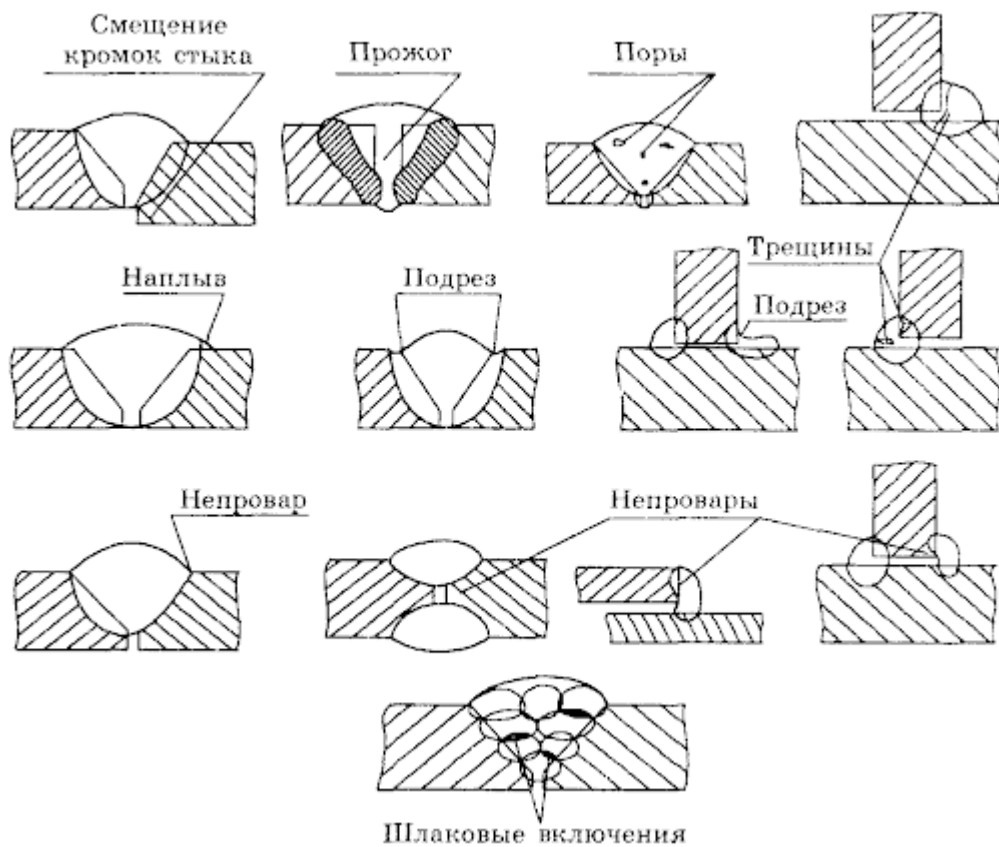
- Условные обозначения дефектов.

Размерные параметры сварного соединения четко определены государственными стандартами, при этом свой ГОСТ есть у каждого вида сварки. Любые отклонения от установленных нормативно-техническими документами показателей считаются дефектами. Возникают они как при проведении сварочных работ, так и при нарушении требований в процессе подготовки соединяемых элементов и сборке конструкций в единое целое.

В силу разных обстоятельств сварочные стыки могут иметь повреждения, влияющие на их прочностные характеристики. Все виды дефектов сварных соединений разделяются на три основные группы:

- **наружные дефекты.** К данной группе относят неравномерность формы стыкового соединения, наплывы, трещины, прожоги металла, подрезы шва, кратеры и другие изъяны, возникающие на поверхности. Обнаружить их можно при визуальном осмотре;
- **внутренние дефекты.** Это может быть некачественное сплавление металла, пористость и трещины, сторонние включения (окисные, шлаковые и неметаллические) и другие, находящиеся внутри шовного соединения;
- **сквозные дефекты.** Сюда относят трещины, подрезы, прожоги и другие повреждения, которые изнутри проходят на внешнюю поверхность сквозь шовное соединение.

Дефекты любого вида не допускаются в сварных соединениях и подлежат устранению, особенно касается это случаев, когда металлоконструкции выступают составляющими элементами несущих конструкций и должны выдерживать интенсивные нагрузки.



Характеристики и причины основных дефектов сварки

Не в каждом случае качество сварки соответствует установленным требованиям. Классификация дефектов сварных соединений в полном составе изложена в ГОСТ 30242-97. Но среди всех обозначенных в документе изъянов выделяют основные, которые чаще обычного выявляются при контроле и обследовании соединительных стыков.

ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ

НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА	НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА
НЕСПЛАВЛЕНИЯ 	<ul style="list-style-type: none"> - Плохая зачистка кромок - Большая длина дуги - Недостаточный сварочный ток - Большая скорость сварки 	НЕРАВНОМЕРНАЯ ФОРМА ШВА 	<ul style="list-style-type: none"> - Неустойчивый режим сварки - Неточное направление электрода
НАПЛЫВ 	<ul style="list-style-type: none"> - Большой сварочный ток - Неправильный наклон электрода - Излишне длинная дуга 	ТРЕЩИНЫ 	<ul style="list-style-type: none"> - Резкое охлаждение конструкции - Высокие напряжения в жестко закрепленных конструкциях - Повышенное содержание серы или фосфора
СВИЩИ 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая пластичность металла шва - Образование закалочных структур - Напряжение от неравномерного нагрева 	ПЕРЕГРЕВ (ПЕРЕЖОГ) МЕТАЛЛА 	<ul style="list-style-type: none"> - Чрезмерный нагрев околошовной зоны - Неправильный выбор тепловой мощности - Завышенные значения мощности пламени или сварочного тока

Для сварочных швов наибольшую опасность представляют трещины. Они способны спровоцировать мгновенное разрушение металлических конструкций и привести к трагическим последствиям.

Причинами появления трещин могут быть:

- неправильное расположение стыков;
- резкое охлаждение места сварки;
- неправильный выбор материалов;
- кристаллизация металла вследствие чрезмерно высоких температур.

По размеру различают микро- и макротрещины, по типу образования – поперечные, продольные и радиальные.

вне зависимости от видов и причин возникновения трещины – это недопустимые дефекты сварных соединений металла.

ПОДРЕЗ.



Это образующиеся на наружной поверхности шовного валика продольные углубления. Если на шве есть подрез, то в месте его появления уменьшается сечение шва, а также образуется очаг концентрации напряжения. Превышенная величина сварочного тока – основная причина появления таких дефектов. Довольно часто наблюдаются подрезы в горизонтальных швах.

НАПЛЫВ

Наплыв.



Это натекий на поверхность избыток металла, который не имеет должного сплавления с соединяемой поверхностью. Часто наплыв возникает при сварке стыковых или угловых швов в горизонтальном положении. Образуется при недостаточном прогреве основного металла, избытка присадочного материала, наличия окалины на соединяемых кромках.

Прожег сварного шва.



Такие дефекты являют собой сквозное отверстие, возникшее вследствие вытекания из сварочной ванны расплавленного металла. В данном случае с другой стороны отверстия как правило образуется натек. Прожег может быть вызван слишком медленным передвижением электрода по линии сваривания, повышенным сварочным током, неплотным прилеганием к основному металлу прокладки или же недостаточной ее толщиной, большим зазором между соединяемыми кромками.

НЕПРОВАР

Непровар.



Если на сварочном шве обнаружены локальные несплавления между основным и наплавленным металлом, то дефект такого типа называют непровар. Он существенно понижает прочностные свойства шва и соответственно всей конструкции. Причины непроваров состоят в следующем: чрезмерно высокая скорость сваривания, некачественная подготовка кромок к сварному процессу, наличие ржавчины, окалины и других загрязнений на соединяемых поверхностях.

КРАТЕР

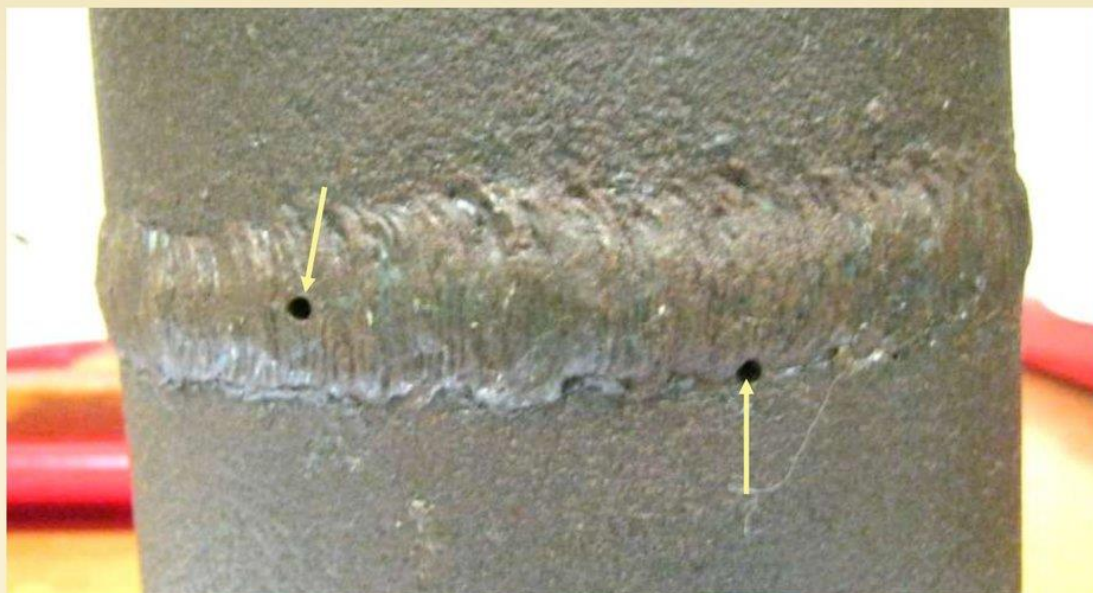
Кратер.



Образующиеся вследствие обрыва сварочной дуги углубления в соединительном валике называют кратерами. Такие изъяны существенно уменьшают сечение стыка, что негативно сказывается на прочности. Кратер опасен тем, что внутри него могут находиться усадочные рыхлости, приводящие к появлению трещин.

СВИЦ В СВАРНОМ СОЕДИНЕНИИ

Свищ в сварном шве.



Поверхностные дефекты в виде полости. Понижают прочность соединительного стыка и провоцируют образование трещин. Свищи имеют произвольную форму, могут возникать как на внешней поверхности, так и внутри шва.

Поры.



Поры – это заполненные газами полости, образующиеся при повышенном газообразовании внутри металла. Возникают при наличии разнообразных загрязнений на свариваемых поверхностях, при повышенной скорости сварки, а также повышенной вместительности углерода в используемом присадочном материале.

Способы устранения дефектов

Любой сварочный процесс сопровождается образованием дефектов, вне зависимости выполняется он инвертором, полуавтоматом, трансформатором или другим оборудованием. При этом выделяют недопустимые и допустимые дефекты сварных соединений, по сложности которых определяется пригодность или непригодность конструкции к дальнейшей эксплуатации.

Способы устранения дефектов сварных соединений выбираются с учетом типа обнаруженного повреждения:

- прожоги исправляют тщательной зачисткой стыка с последующей его заваркой;
- для устранения подрезов выполняется наплавка тонкого соединения по всей линии дефекта;
- исправление трещины осуществляется методом ее полного рассверливания, вырубкой шва на проблемном участке, очисткой поверхностей и повторным завариванием с соблюдением сварочной технологии и действующих нормативов;
- непровары удаляются путем их вырезания и повторного сваривания;
- свищи и кратеры вырезаются до достижения основного металла, после чего по-новому завариваются;
- наплывы аккуратно срезаются, но при этом обязательно следует проверить срез на предмет наличия непровара;
- деформация при сварке устраняется термическим или термомеханическим способом;
- все типы дефектов с посторонними включениями устраняют вырезкой и завариванием.

Если в ходе обследования обнаружены технологические дефекты сварных соединений труб, то устранять их следует строго в соответствии нормативных требований одним из методов:

- механическим без последующей заварки;
- механическим с завариванием места выборки;
- вырезкой участка трубы, на котором присутствует дефект;
- полным удалением шовного соединения и выполнением нового.

При проверке на прочность и герметичность газораспределительных сетей разрешается исправлять дефекты сварных соединений газопроводов в случае, когда сварочный процесс выполнялся дуговой сваркой и не допускается при сваривании газовой сваркой.

Общая схема проведения визуального и измерительного контроля

Процедуру пошагово описывают в операционной технологической карте, составленной под конкретный объект. Мы лишь приведём общую последовательность из главных этапов.

1. Изучение документации (стандарты, правила, методические рекомендации, техкарты, заявка или заказ-наряд). Определение норм браковки.
2. Зачистка поверхности от брызг металла, шлака, следов ржавчины, влаги, пятен масла, пыли и иных загрязнений, мешающих нормальному осмотру. Если нужно произвести визуальный и измерительный контроль сварных соединений сосудов или иного оборудования под

избыточным давлением, то его предварительно выводят из эксплуатации. Сбрасывают давление, дренируют рабочую среду, охлаждают. Изоляцию в зоне осмотра тоже убирают. При необходимости доводят шероховатость до приемлемых значения. Они зависят от того, какой метод дефектоскопии будет выполняться после ВИК. Для УЗК, например, Ra 6,3. Для ПВК – Ra 3,2. Для самого ВИК достаточным считается Ra 12,5 мкм (Rz 80 мкм).

3. Собственно осмотр и измерение проверяемых параметров. На каждом объекте свой перечень. В случае с деталями под сварку, например, проверяют смещение кромок, перекрытие элементов (в нахлесточных соединениях), смещение проволоочной вставки с внутренней стороны, катеты швов приварки, длину прихваток, расстояние между ними и т.д. Визуальный и измерительный контроль сварных соединений предполагает проверку их ширины, высоты, выпуклости и вогнутости обратной стороны, глубины подреза, чешуйчатости, западания между валиками, корня шва, усиления и пр. Типичные изображения дефектов содержатся в инструкциях, учебных пособиях, специальных фотоальбомах. Кроме того, правильной идентификации и измерению дефектов уделяют большое внимание в учебных центрах. Так, у деталей под сборку смотрят, в первую очередь, перпендикулярность, толщину и ширину подкладок, угол и глубину скоса кромок. Дополнительно обращают внимание на маркировку заготовок. Отдельная история – ВИК труб, где нужно проверить наружный диаметр, толщину стенки, овальность, кривизну, длину и пр. А есть ещё литьё, поковки, листовой металлопрокат. Везде своя специфика.
4. Анализ результатов, заполнение и подписание акта визуального и измерительного контроля (заключения, протокола). Фактические значения размерных показателей сравниваются с нормами, на основании чего принимается решение о допуске/браковке. В акте указывается номер заявки (либо заказ-наряда), наименование, габариты и номер объекта, шифр руководящего документа, ФИО и номер квалификационного удостоверения дефектоскописта и данные руководителя. В записи дефектов должны содержаться сведения об их размерах, ориентации, местоположении. Информацию дополнительно вносят в журналы учёта.
5. При необходимости – нанесение записей на самом объекте для сварщиков/монтажников/слесарей, которые будут производить ремонт.

Визуальный и измерительный контроль материалов и сварных швов проводится как до технологических операций (раскрой, термическая, механическая, химическая обработка, сварка, плавление и другие), так и после. ВИК выполняют и непосредственно по мере выполнения работ, как в случае с послойным контролем сварки. Если резюмировать, то данный вид дефектоскопии проводят каждый раз, когда завершается определённый технологический этап, дабы убедиться, что объект готов к дальнейшим операциям либо вводу в эксплуатацию.