

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Содержание.

1. Марки сталей, термообработка.
2. Сварка.
3. Понятие и виды дефектов.
4. Преимущества и недостатки ВИК.
5. Физические основы ВИК.
6. Виды измерений.
7. Средства измерений.
8. Технология проведения ВИК.
9. Оформление результатов контроля.
10. Применение ВИК при техническом диагностировании энергетических объектов.

Марки сталей

Сталь по химическому составу делят на **углеродистую и легированную**.

Углеродистой сталью называют сплав железа с углеродом, в котором углерода до 2,14 %, и примесями кремния, марганца, серы и фосфора.

Главным компонентом, определяющим свойства этой стали, является углерод.

По содержанию углерода:

- **низкоуглеродистые**, с содержанием углерода до 0,25 %;
- **среднеуглеродистые**, с содержанием углерода 0,3...0,6 %;
- **высокоуглеродистые**, с содержанием углерода выше 0,7 %

Массовое содержание элементов в стали (%):

Fe - до 99 %;

C - до 2,14 %;

Si - 0,15-0,35 %;

Mn - 0,2-0,8 %;

S - до 0,07 %;

P - до 0,07 %.

Марки сталей

Углерод находится главным образом в виде цементита, который повышает твердость, прочность, упругость, но уменьшает пластичность и сопротивление ударным нагрузкам, ухудшает обрабатываемость.

Кремний и марганец в небольшом количестве особого влияния на сталь не оказывают.

Сера и фосфор – вредные примеси.

Сера находится в виде FeS , вызывает хрупкость при высоких температурах (красноломкость), снижает усталостную прочность, уменьшает коррозионную стойкость. Сера улучшает обрабатываемость.

Фосфор придает стали высокую хрупкость при обычных температурах (хладноломкость).

Вредной примесью в стали является и кислород.

Марки сталей

Количественным показателем качества является содержания вредных примесей: серы и фосфора:

- $0.04 \leq S \leq 0.06$, $0.14 \leq P \leq 0.08$ % - углеродистые стали обыкновенного качества;
- $P, S = 0.03 - 0.04$ % – качественные стали;
- $P, S \leq 0.03$ % – высококачественные стали

По способу выплавки:

- в мартеновских печах;
- в кислородных конверторах;
- в электрических печах: электродуговых, индукционных и др.

По назначению:

- конструкционные – применяются для изготовления деталей машин и механизмов;
- инструментальные – применяются для изготовления различных инструментов;
- специальные – стали с особыми свойствами: электротехнические, с особыми магнитными свойствами и др.

Маркировка сталей

Углеродистые стали обыкновенного качества:

Стали содержат повышенное количество серы и фосфора

Маркируются Ст.2кп., БСт.3кп, ВСт.3пс, ВСт.4сп.

Ст – индекс данной группы стали.

Цифры от 0 до 6 - это условный номер марки стали.

С увеличением номера марки возрастает прочность и снижается пластичность стали.

По гарантиям при поставке существует три группы сталей: А, Б и В.

Для сталей группы А при поставке гарантируются механические свойства, в обозначении индекс группы А не указывается.

Для сталей группы Б гарантируется химический состав.

Для сталей группы В при поставке гарантируются и механические свойства, и химический состав.

Индексы кп, пс, сп указывают степень раскисленности стали:

кп - кипящая,

пс - полуспокойная,

сп - спокойная.

Маркировка сталей

Качественные углеродистые стали

Качественные стали поставляют с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В). Степень раскисленности, в основном, спокойная.

Конструкционные качественные углеродистые стали маркируются двухзначным числом, указывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента. Указывается степень раскисленности, если она отличается от спокойной.

Сталь 08 кп, сталь 10 пс, сталь 45.

Содержание углерода, соответственно, 0,08 %, 0,10 %, 0.45 %.

Инструментальные качественные углеродистые стали маркируются буквой У (углеродистая инструментальная сталь) и числом, указывающим содержание углерода в десятых долях процента.

Сталь У8, сталь У13.

Содержание углерода, соответственно, 0,8 % и 1,3 %

Инструментальные высококачественные углеродистые стали маркируются аналогично качественным инструментальным углеродистым сталям, только в конце марки ставят букву А, для обозначения высокого качества стали.

Сталь У10А.

Марки сталей

К недостаткам углеродистой стали относятся:

1. Отсутствие сочетания твердости с прочностью и пластичностью;
2. Высокий коэффициент теплового расширения;
3. Потери твердости и режущей способности при нагревании до температуры 200°C ;
4. Низкая коррозионная стойкость в агрессивных средах, в атмосфере и при высоких температурах;
5. Низкие электротехнические свойства;
6. Увеличение массы изделий, удорожание их стоимости вследствие невысокой прочности.

Легированные стали

Элементы, специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств, называются *легирующими элементами*, а стали – *легированными*.

Содержание легирующих элементов может изменяться в очень широких пределах: хром или никель – 1% и более процентов; ванадий, молибден, титан, ниобий – 0,1... 0,5%; также кремний и марганец – более 1.

В конструкционных сталях легирование осуществляется с целью улучшения механических свойств (прочности, пластичности). Кроме того меняются физические, химические, эксплуатационные свойства.

Легирующие элементы повышают стоимость стали, поэтому их использование должно быть строго обосновано.

Легированная сталь обладает свойствами, которых нет у углеродистой стали, и она не имеет ее недостатков.

Применение легированной стали сокращает расход металла, повышает надежность и долговечность изделий.

Влияние легирующих элементов на свойства стали

Хром (Х) повышает твердость, прочность стали.

При содержании выше 13 % сталь становится коррозионно-стойкой.

Никель (Н) придает стали высокие прочность, пластичность, коррозионную стойкость и повышает сопротивление удару.

Вольфрам (В) резко увеличивает твердость и красностойкость стали.

Ванадий (Ф) повышает плотность, прочность, способствует измельчению зерна, сопротивлению удару, истиранию, разрыву.

Кобальт (К) повышает жаропрочность, магнитопроницаемость.

Молибден (М) увеличивает красностойкость, упругость, прочность, сопротивление окислению при высоких температурах.

Кремний (С) в количестве более 1 % повышает прочность, упругость, кислотостойкость и магнитопроницаемость.

Марганец (Г) при содержании 1 % и более увеличивает износоустойчивость.

Алюминий (Ю) увеличивает окалиностойкость.

Титан (Т) повышает прочность, уменьшает межкристаллитную коррозию.

Ниобий (Б) увеличивает сопротивление коррозии и кислотостойкость.

Цирконий (Ц) придает прочность, способствует измельчению зерна.

Медь (Д) уменьшает коррозию.

Классификация легированных сталей

Стали классифицируются по нескольким признакам.

По структуре после охлаждения на воздухе выделяются три основных класса:

- Перлитный - малое содержанием легирующих элементов;
- Мартенситный - более значительное содержание;
- Аустенитный - высокое содержание легирующих элементов.

По содержанию легирующих элементов сталь делят на:

- низколегированную с содержанием легирующих элементов до 3 %,
- среднелегированную – от 3 до 10 %,
- высоколегированную – свыше 10 %.

По числу легирующих элементов:

- трехкомпонентные (железо, углерод, легирующий элемент);
- четырехкомпонентные (железо, углерод, два легирующих элемента) и так далее.

Классификация легированных сталей

По составу:

- никелевые, хромистые, хромоникелевые, хромоникельмолибденовые и так далее (признак— наличие тех или иных легирующих элементов).

По назначению легированную сталь подразделяют на:

- конструкционные;
- инструментальные (режущие, мерительные, штамповые);
- стали и сплавы с особыми свойствами (резко выраженные свойства —нержавеющие, жаропрочные и термоустойчивые, износоустойчивые, с особыми магнитными и электрическими свойствами).

Конструкционная легированная сталь:

- качественная ,
- высококачественная (буква А в конце марки),
- особо высококачественная (буква Ш через черточку в конце марки).

Маркировка легированных сталей

Легированные конструкционные стали .

Сталь 15Х25Н19ВС2.

В начале марки указывается двухзначное число, показывающее содержание углерода в сотых долях процента.

Далее перечисляются легирующие элементы.

Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах.

Если число не стоит, то содержание элемента не превышает 1,5 %. В указанной марке стали содержится 0,15 % углерода, 25% хрома, 19 % никеля, до 1,5% вольфрама, до 2 % кремния.

Легированные инструментальные стали.

Сталь 9ХС, сталь ХВГ.

В начале марки указывается однозначное число, показывающее содержание углерода в десятых долях процента. При содержании углерода более 1 %, число не указывается.

Далее перечисляются легирующие элементы, с указанием их содержания.

Маркировка легированных сталей

Быстрорежущие инструментальные стали.

Сталь Р18

Р – индекс данной группы сталей (от rapid – скорость).

Содержание углерода более 1%. Число показывает содержание основного легирующего элемента – вольфрама.

В указанной стали содержание вольфрама – 18 %.

Если стали содержат легирующие элемент, то их содержание указывается после обозначения соответствующего элемента.

Шарикоподшипниковые стали.

Сталь ШХ6, сталь ШХ15ГС

Ш – индекс данной группы сталей.

Х – указывает на наличие в стали хрома.

Последующее число показывает содержание хрома в десятых долях процента, в указанных сталях, соответственно, 0,6 % и 1,5 %. Также указываются входящие в состав стали легирующие элементы.

Содержание углерода более 1 %.

Термообработка сталей

Термообработка – процессы, связанные с нагревом и охлаждением железоуглеродистых сплавов, в результате которых изменяются их внутренняя структура и свойства.

Отжиг - нагрев стали до температур фазовых превращений с последующим медленным охлаждением.

Основные цели: измельчение зерна, снятие внутренних напряжений, снижение твердости и улучшение обрабатываемости.

Нормализация - нагрев стали до температур выше фазовых превращений с последующим охлаждением на воздухе.

Основные цели: перекристаллизация стали, устраняющая крупнозернистую структуру, полученную при литье или ковке. В результате нормализации твердость немного возрастает, но улучшается качество поверхности при резании.

Термообработка сталей

Закалка – нагрев стали до определенных температур (определяется по диаграмме состояния Fe – C) и охлаждение в воде или масле.

Основные цели: повышение твердости, прочности и износостойкости стали.

После закалки сталь подвергают отпуску.

Отпуск – нагрев стали до температуры 600-650⁰ С и охлаждение с печью.

Основные цели: снятие напряжений, которые приводят к разрушению, короблению при последующей обработке, коррозионному растрескиванию.

СВАРКА

Сварка - называется процесс соединения металлических и неметаллических материалов, при котором устанавливаются межатомные и межмолекулярные связи по контактам поверхностей соединяемых деталей.

К сварке плавлением относят :

- электродугую;
- электрошлаковую;
- газовую;
- электронно-лучевую;
- плазменную;
- термитную;
- лазерную.

В сварочном производстве в основном используют дугую сварку, простейшим случаем которой является ручная дугая сварка.

СВАРКА

Процесс образования сварного соединения плавлением протекает в две стадии:

- 1) расплавление кромок металла деталей, сопровождающееся образованием общего объема жидкого металла;
- 2) затвердевание этого объема металла.

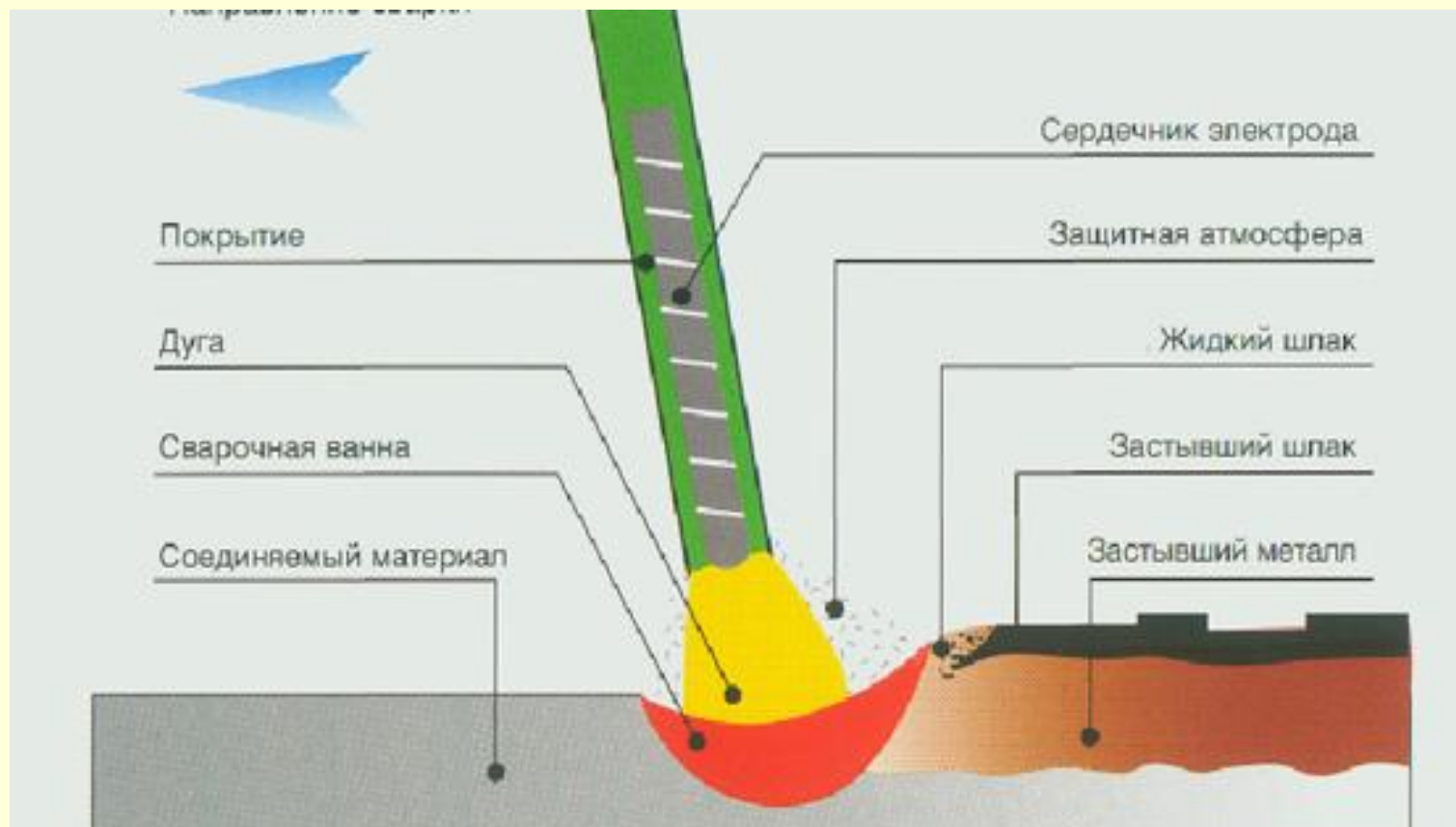
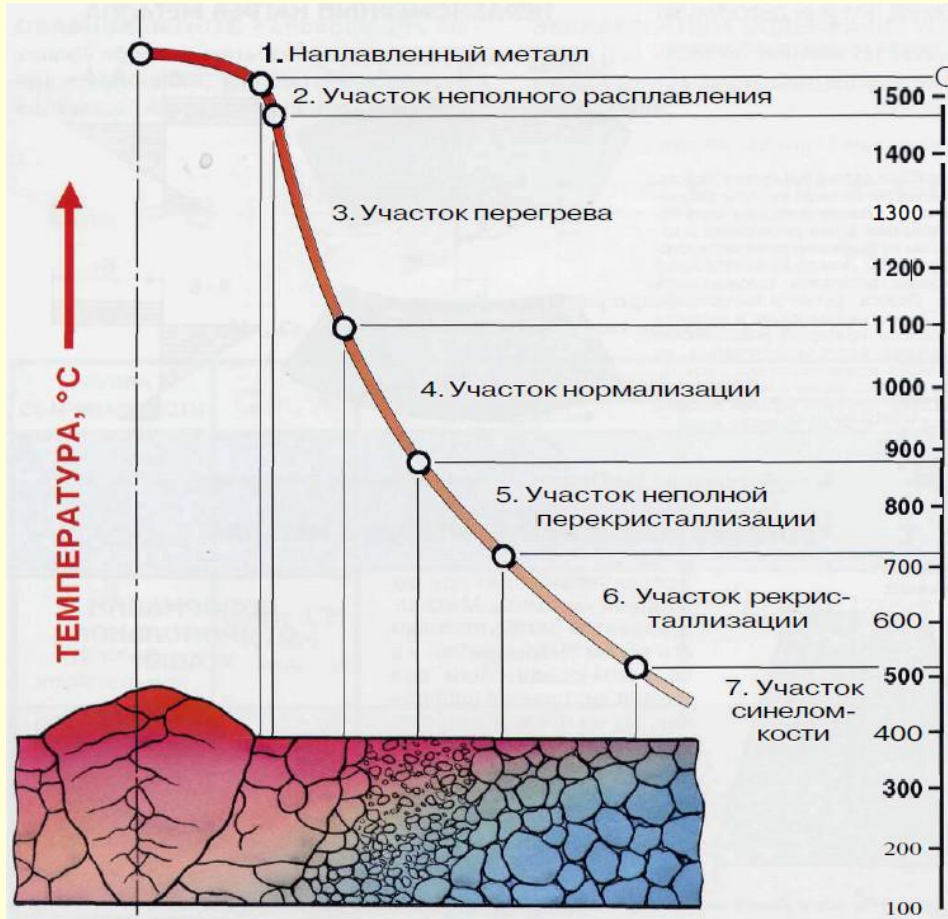


Схема ручной дуговой сварки

СВАРКА



Распределение температур в сварном шве

1. Столбчатая, литая, с пониженными механическими свойствами
2. Рост зерна, образование игольчатой структуры с повышенной хрупкостью
3. Крупнозернистое строение с пониженной ударной вязкостью и пластичностью
4. Измельчение зерна, повышение механических свойств
5. Смешанное строение из мелких и крупных зерен с пониженными механическими свойствами
6. Восстановление формы и размеров зерен металла
7. Структурных изменений не имеет

СВАРКА

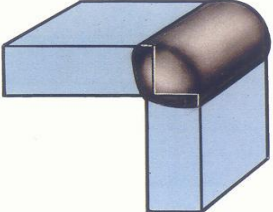
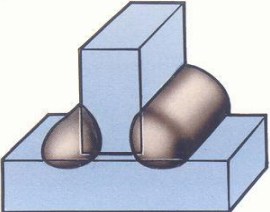
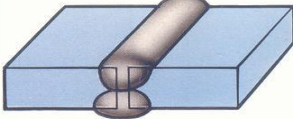
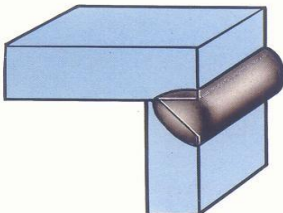
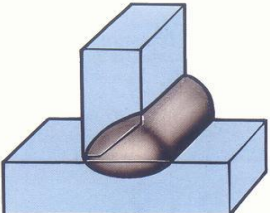
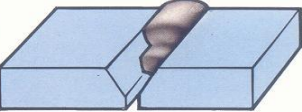
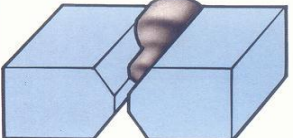
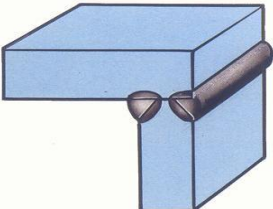
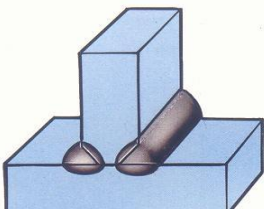
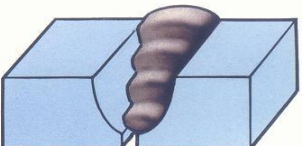
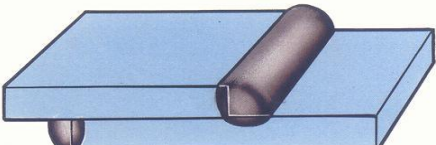
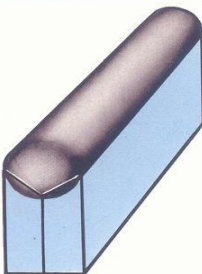
При изготовлении сварных конструкций широко применяют следующие типы сварных соединений:

- стыковое,
- тавровое,
- угловое,
- нахлесточное.
























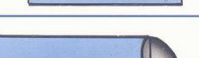
В зависимости от числа проходов, необходимых для получения расчетного сечения шва, различают однопроходный и многопроходный швы.

Швы бывают непрерывные и прерывистые.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

УГЛОВЫЕ	ТАВРОВЫЕ	СТЫКОВЫЕ
<p data-bbox="749 168 923 188">Без скоса кромок</p> 		<p data-bbox="1242 168 1416 188">Без скоса кромок</p> 
<p data-bbox="716 458 956 478">Со скосом одной кромки</p> 		<p data-bbox="1203 354 1454 374">V - образный скос кромок</p>  <p data-bbox="1203 544 1454 564">X - образный скос кромок</p> 
<p data-bbox="687 762 985 782">С двумя скосами одной кромки</p> 		<p data-bbox="1193 762 1468 782">Криволинейный скос кромок</p> 
<p data-bbox="643 1043 846 1063">НАХЛЕСТОЧНЫЕ</p>		<p data-bbox="1166 1043 1309 1063">ТОРЦОВЫЕ</p>
<p data-bbox="672 1096 836 1116">Без скоса кромок</p> 		

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАЗМЕРЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм
			подготовленных кромок	сварного шва	
СТЫКОВОЕ	С отбортовкой	Односторонний			1 - 4
	Без скоса				1 - 6
	Без скоса	Двусторонний			3 - 8
	С V-образным скосом	Односторонний			3 - 60
	С X-образным скосом	Двусторонний			8 - 120
	С K-образным скосом				8 - 100
	С криволинейным скосом				15 - 100
УГЛОВОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 30
	Со скосом одной кромки				3 - 60
ТАВРОВОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 40
	С двумя скосами одной кромки				8 - 100
НАХЛЕ-СТОЧНОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 60

КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРНЫХ ШВОВ

ПО ВНЕШНЕМУ ВИДУ

ВЫПУКЛЫЕ

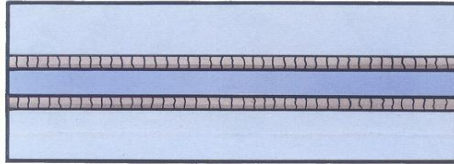
НОРМАЛЬНЫЕ

ВОГНУТЫЕ

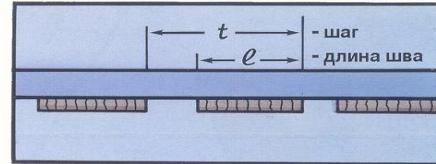


ПО ПРОТЯЖЕННОСТИ

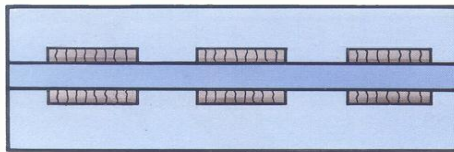
ДВУСТОРОННИЕ НЕПРЕРЫВНЫЕ



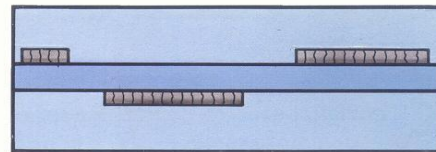
ОДНОСТОРОННИЕ ПРЕРЫВИСТЫЕ



ДВУСТОРОННИЕ ЦЕПНЫЕ



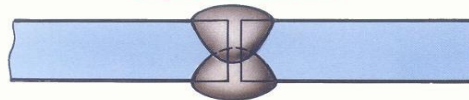
ДВУСТОРОННИЕ ШАХМАТНЫЕ



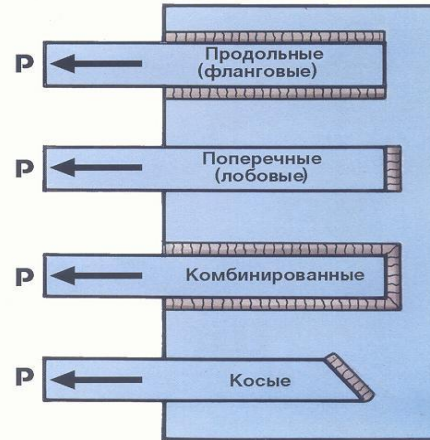
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ОДНОСТОРОННИЕ



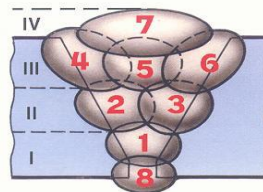
ДВУСТОРОННИЕ



ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ
УСИЛИЮ (P)



ПО ЧИСУ СЛОЕВ И ПРОХОДОВ
ОДНОСЛОЙНЫЕ ОДНОПРОХОДНЫЕ
МНОГОСЛОЙНЫЕ МНОГОПРОХОДНЫЕ



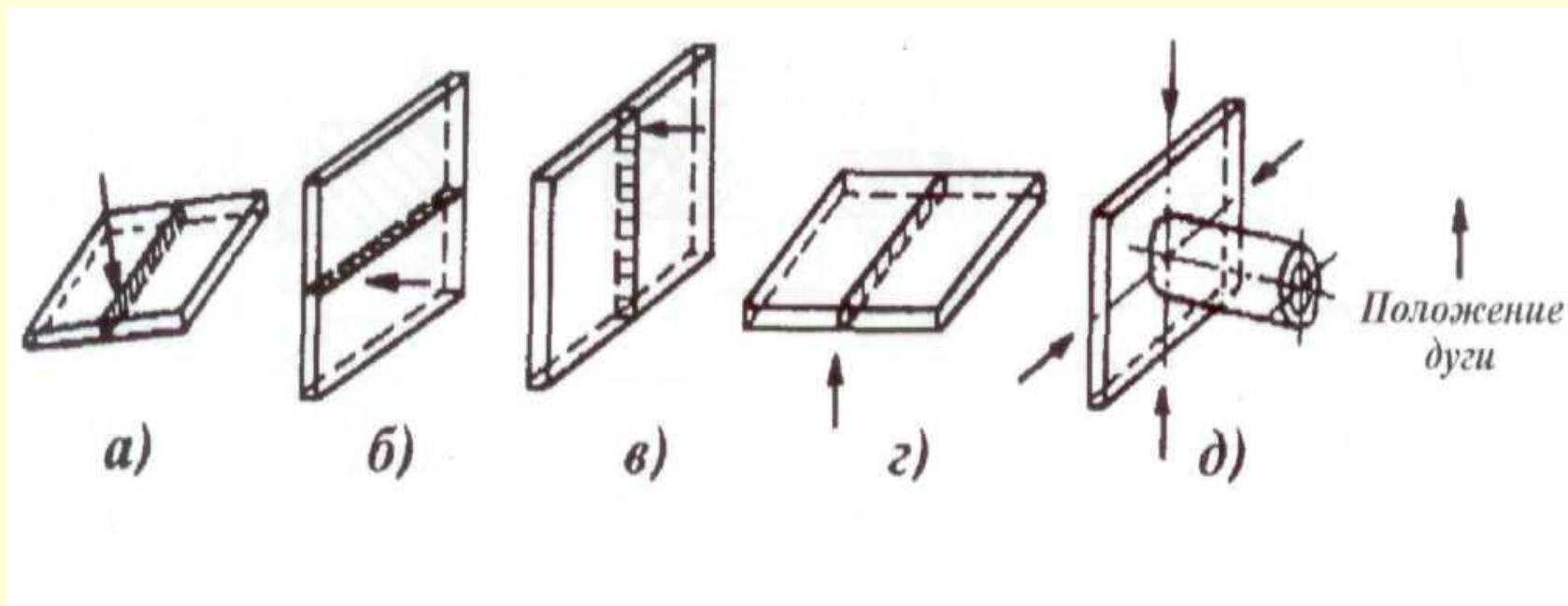
I - IV - число слоев
1-8 - число проходов

СВАРКА

В промышленности распространены следующие способы дуговой сварки:

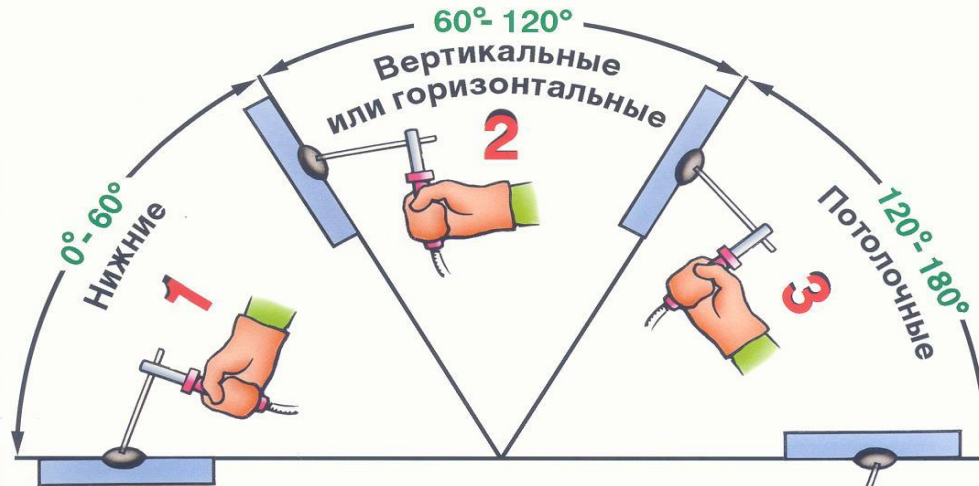
- **ручная**, при которой человек выполняет сварку с помощью инструмента, получающего энергию от специального источника (ГОСТ 5264-80);
- **механизированная**, выполняемая с применением машин и механизмов, управляемых человеком (ГОСТ 14771-76);
- **автоматическая**, выполняемая машиной, действующей по заданной программе, без непосредственного участия человека.

По положению в пространстве швы разделяют на нижние, горизонтальные, вертикальные, потолочные и переменного положения.

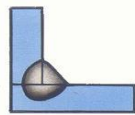


а - нижнее; б - горизонтальное; в - вертикальное; г - потолочное; д – переменное

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ ПО ИХ ПОЛОЖЕНИЮ В ПРОСТРАНСТВЕ



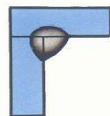
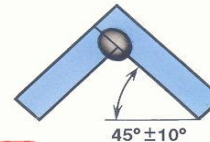
- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Н - нижние | Пв - полувертикальные |
| П - потолочные | В - вертикальные |
| Пп - полупотолочные | Л - в "лодочку" |
| Г - горизонтальные | Пг - полугоризонтальные |



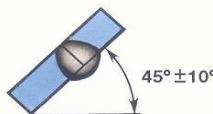
Н



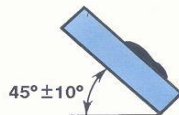
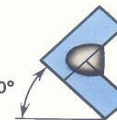
П



Пп



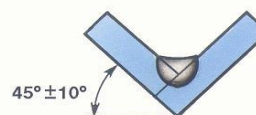
Г



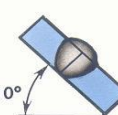
Пв



В



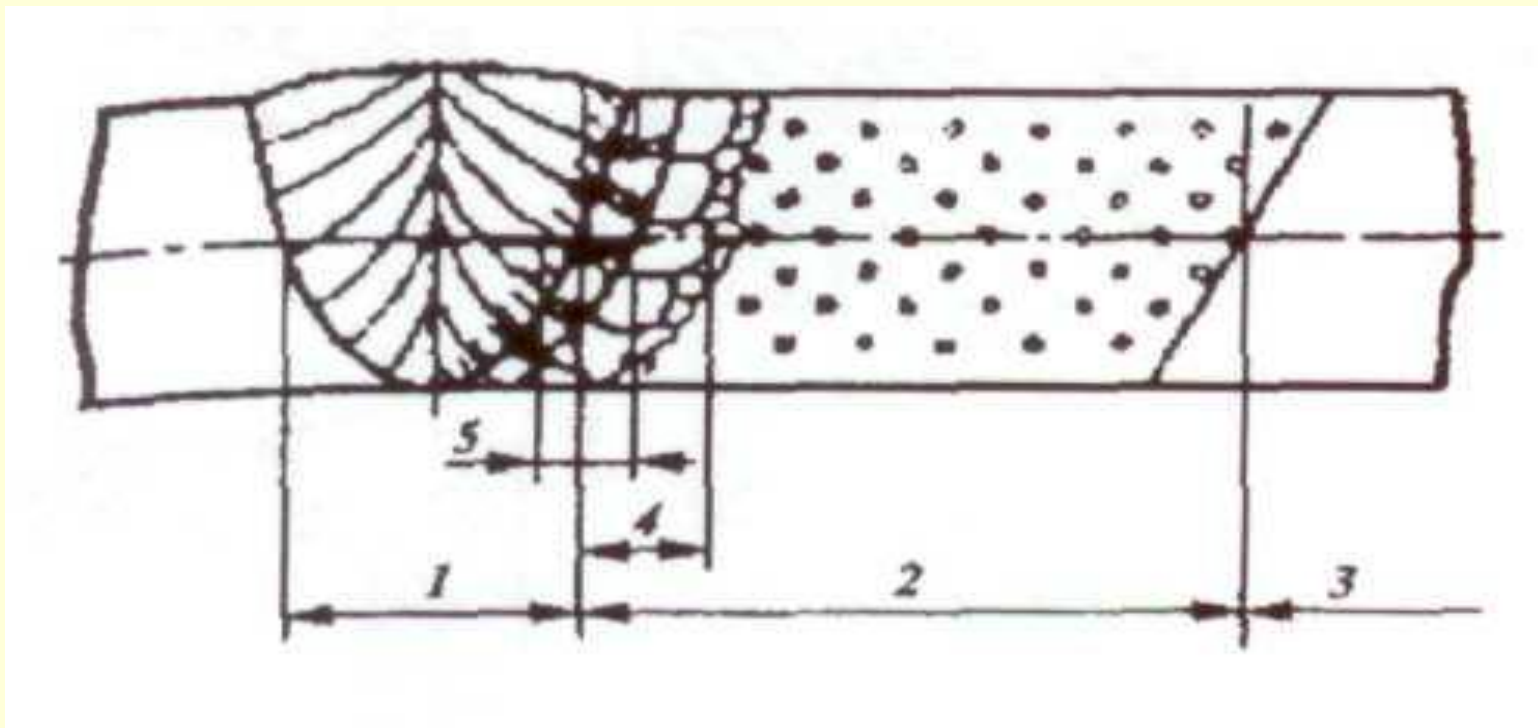
Л



Пг

СВАРКА

Сварные соединения, выполненные сваркой плавлением, разделяют на несколько зон, отличающихся макро- и микроструктурой, химическим составом, механическими свойствами и другими признаками: **сварной шов, зону сплавления, зону термического влияния (ЗТВ) и основной металл.**



Характерные зоны сварных соединений: 1 - шов; 2 - зона термического влияния; 3 - основной металл; 4 - околошовный участок зоны влияния; 5 - зона сплавления

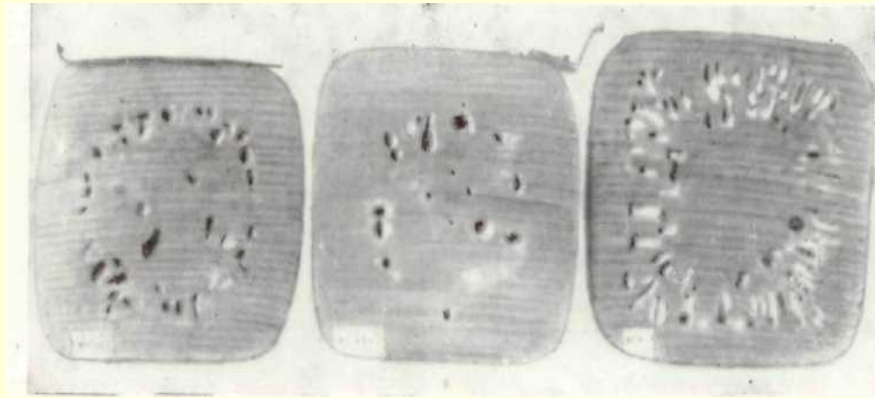
Дефектом называют каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Виды дефектов.

Критические	Использовать продукцию по назначению невозможно
Значительные	Оказывают существенное влияние на долговечность продукции
Малозначительные	Практически не влияют на использование продукции по назначению и ее долговечность
Производственно-технологические	Возникают при изготовлении изделия
Эксплуатационные	Возникают в процессе эксплуатации
Микродефекты	Различимые при увеличении более 6 раз
Макродефекты	Крупные – различимые невооруженным глазом, Мелкие – различимые при увеличении до 6 раз

Наружные и внутренние, точечные и линейные, плоскостные и объемные, допустимые и недопустимые.

Виды дефектов



Раковины

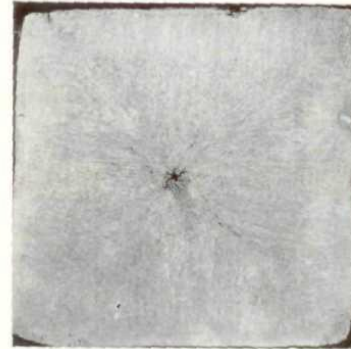


Рис. 54. Центральная пористость в непрерывнолитой заготовке

центральная пористость

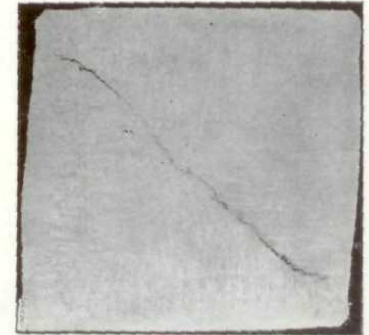


Рис. 56. Диагональная трещина в непрерывнолитой заготовке

диагональная трещина

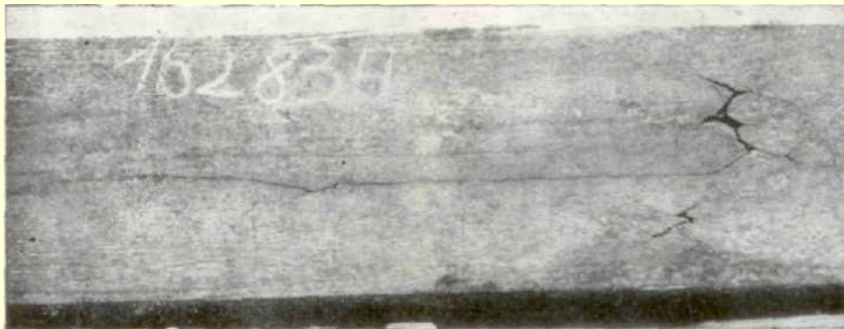


Рис. 73. Поперечные (Y-образные) трещины на заготовке: видно, как поперечная трещина переходит в продольную

поперечные трещины



Рис. 74. Шлифовочные трещины на горячекатаной заготовке

шлифовочные трещины

Виды дефектов

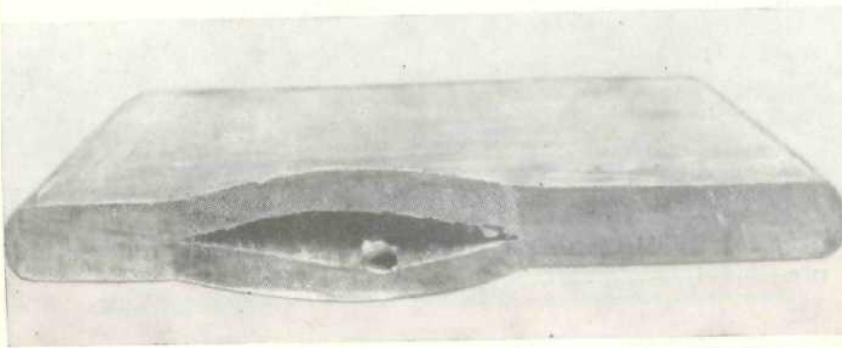


Рис. 87. Расслоение в сугунке

расслоение



Рис. 98. Пузыри (вздутия) на поверхности толстолистовой стали

пузыри



Рис. 99. Разорванный (вскрытый) пузырь на поверхности толстого листа

разорванный пузырь

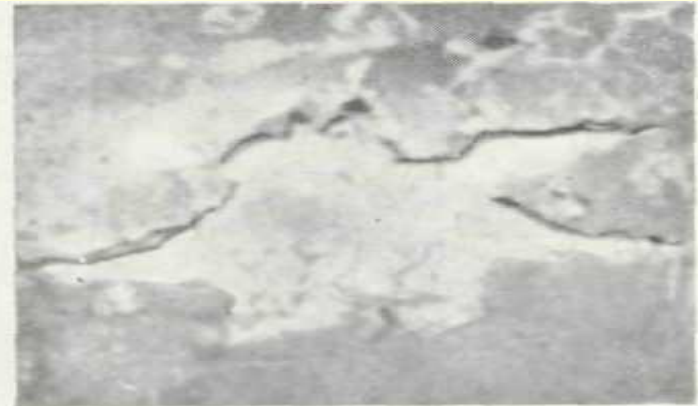


Рис. 100. Разорванный (вскрытый) пузырь, сильно загрязненный окислами алюминия

разорванный пузырь

Виды дефектов

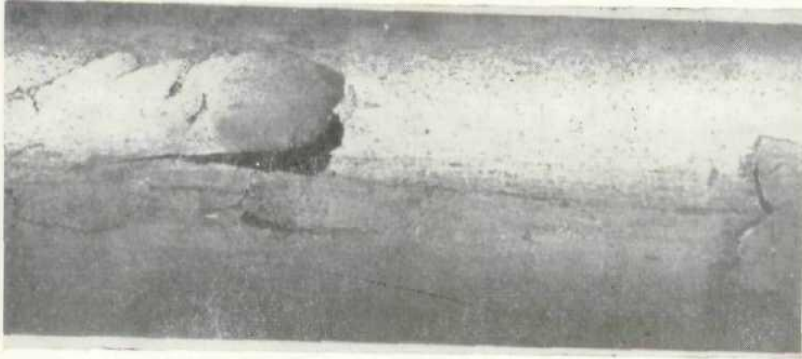


Рис. 160. Крупные отслоения на поверхности волооченого прутка, обнаруженные после волочения и правки



Рис. 117. Расслоение в толстом листе

расслоение

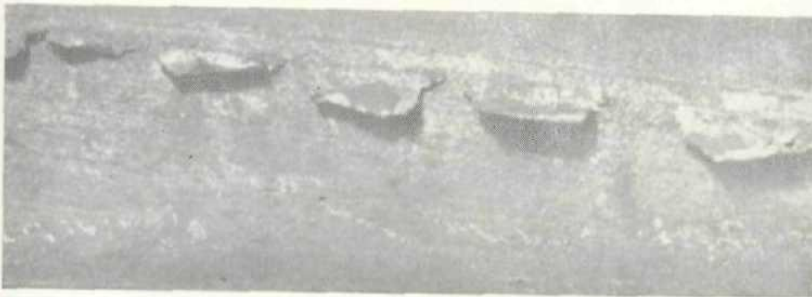


Рис. 161. Раковины и отслоения на поверхности катанки из стали МК73 диаметром 6 мм после скручивания

отслоения



Рис. 159. Изъявленная поверхность обточенного прутка

ЯЗВИНЫ

Виды дефектов



Рис. 180. Продольная трещина на поковке вала

продольная трещина

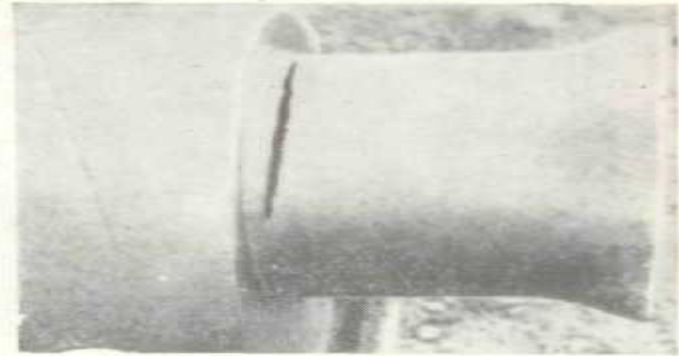


Рис. 181. Трещина, возникшая от остаточных напряжений на цапфе эксцентрикового вала из стали С45

трещина

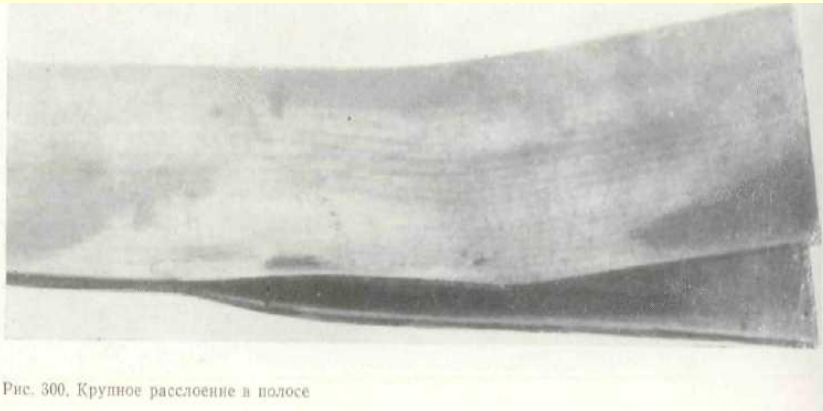


Рис. 300. Крупное расслоение в полосе

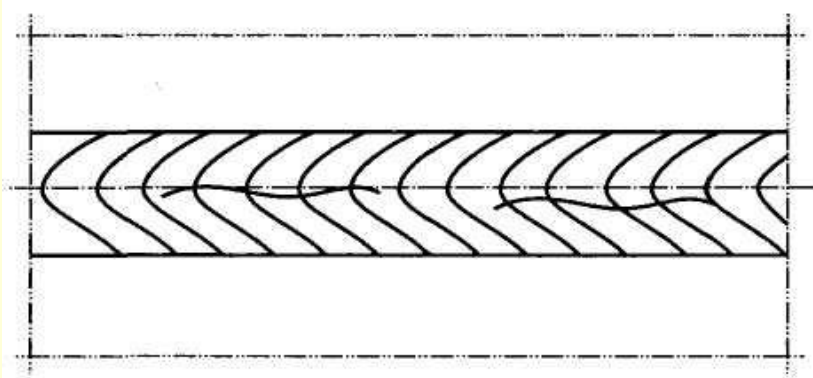
расслоение



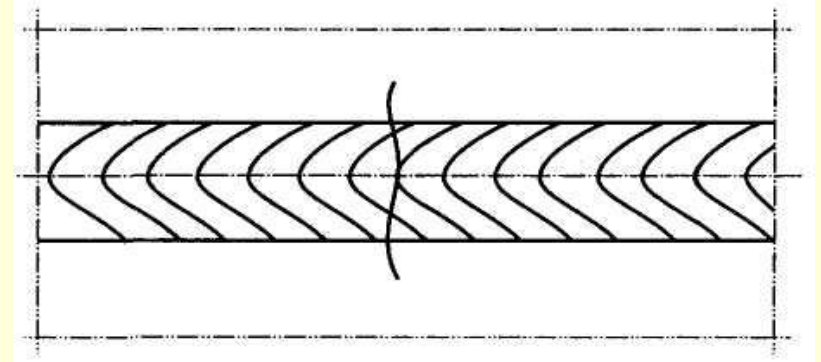
Рис. 182. Продольная трещина на кованой заготовке

продольная трещина

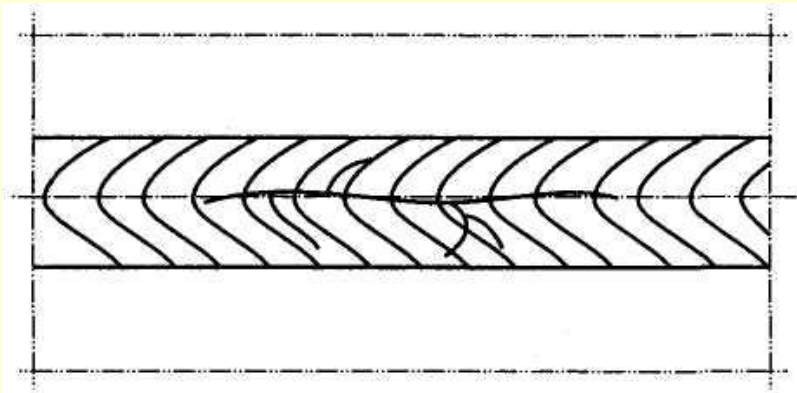
Виды дефектов



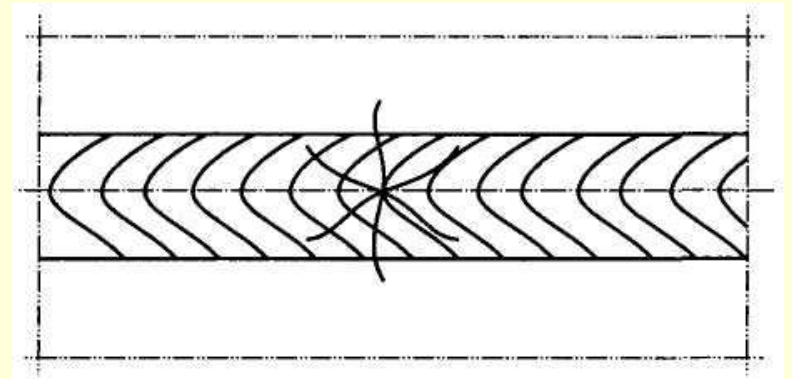
Продольные трещины
сварного соединения



Поперечная трещина
сварного соединения

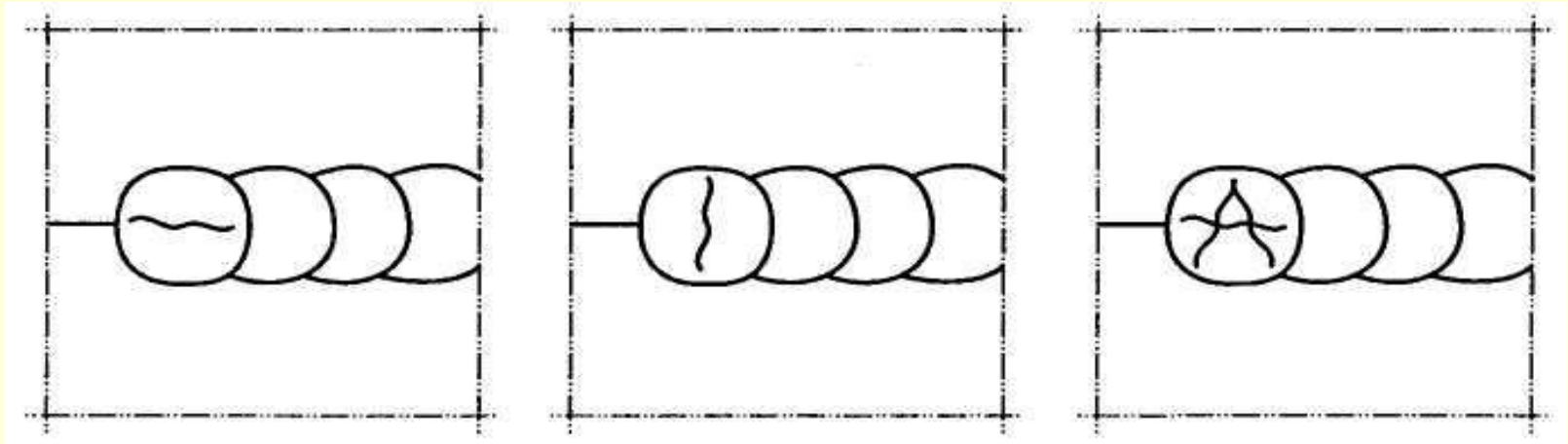


Разветвленная трещина
сварного соединения

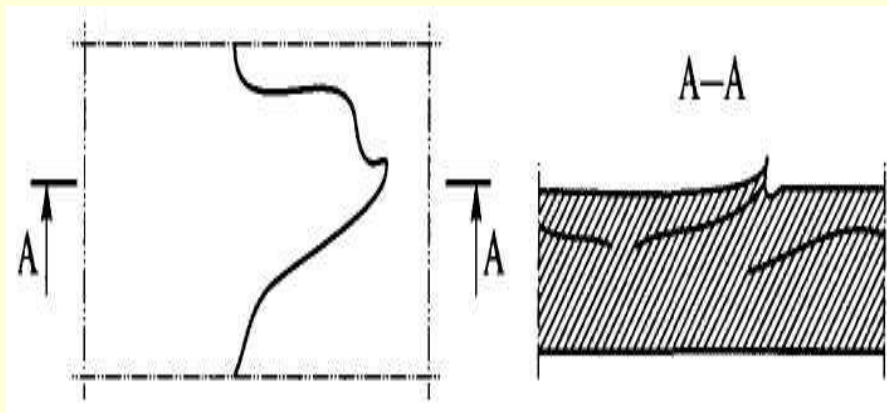


Радиальная трещина
сварного соединения

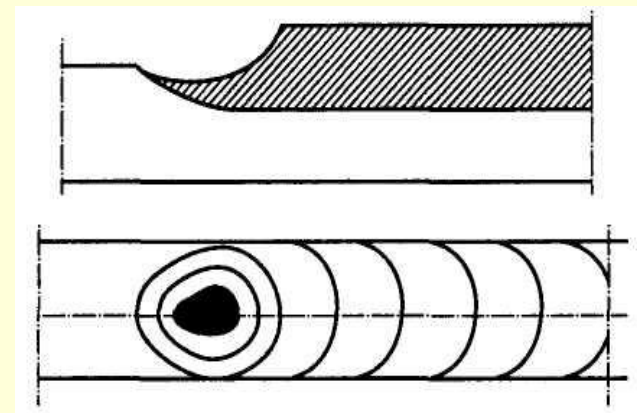
Виды дефектов



Кратерная трещина сварного соединения

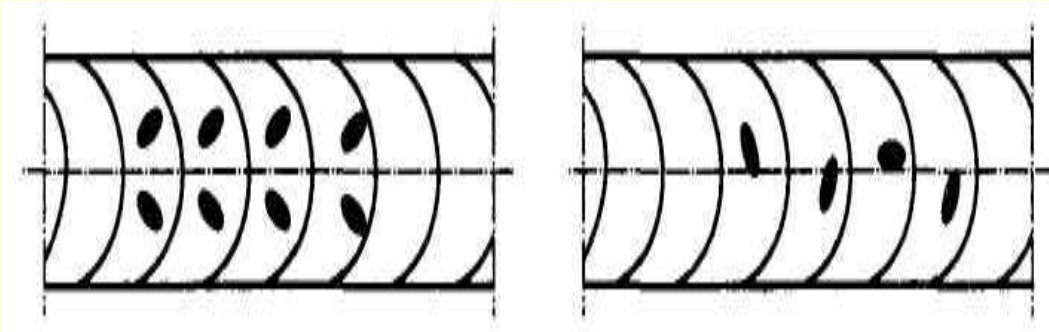


Отслоение

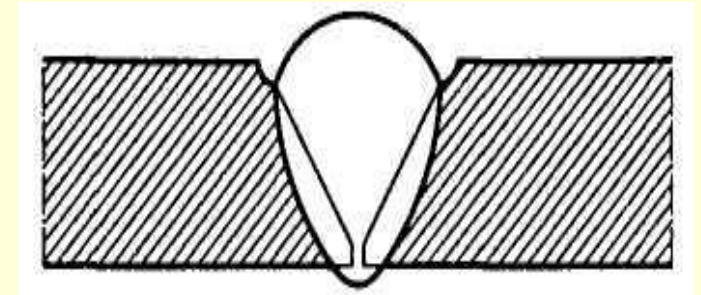


Кратер

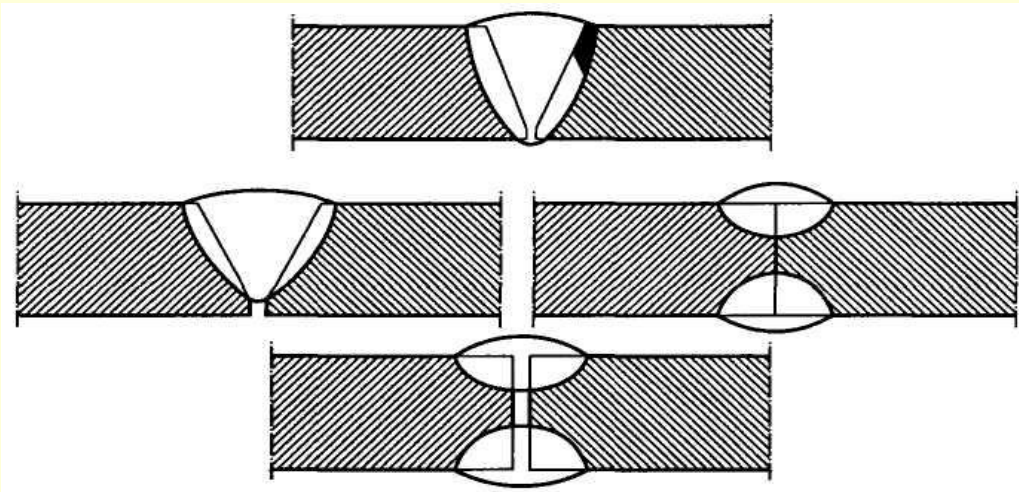
Виды дефектов



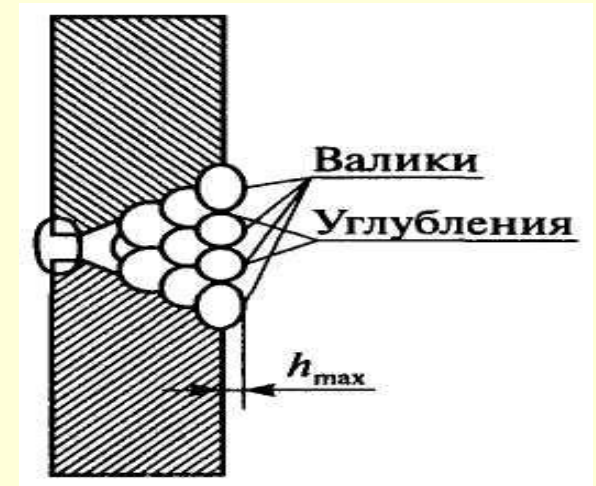
Свищ в сварном шве



Подрез

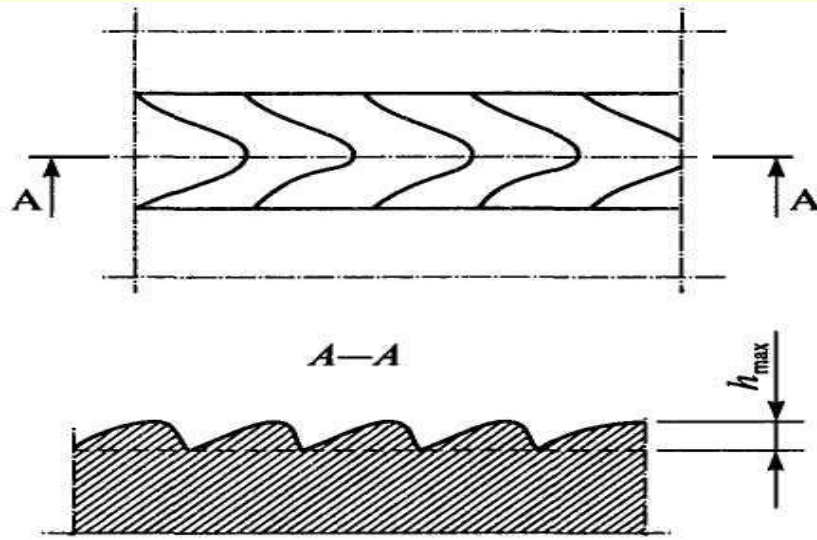


Непровар

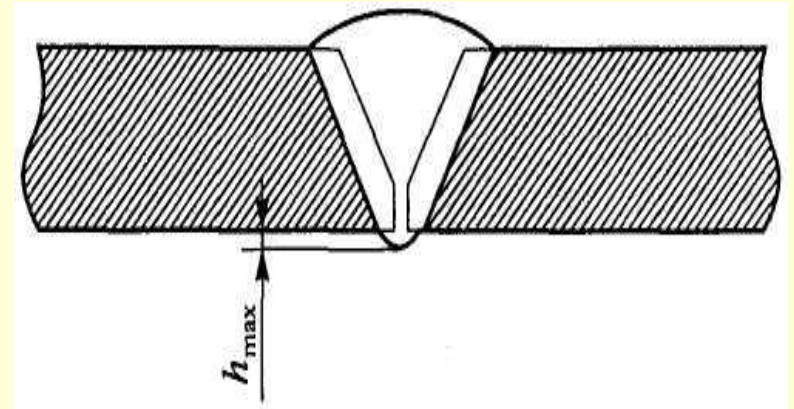


Углубления (западания)
между валиками шва

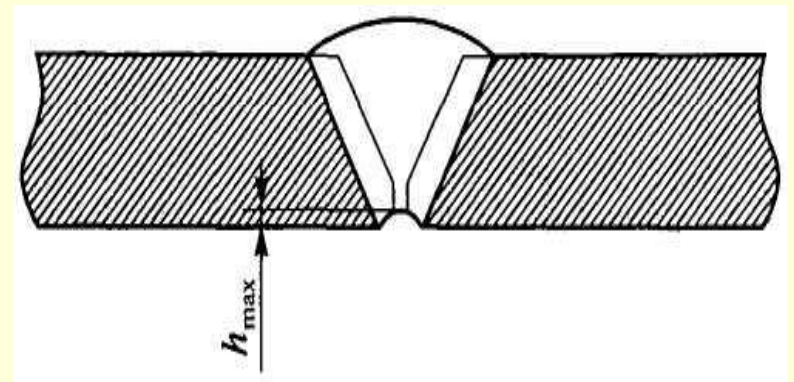
Виды дефектов



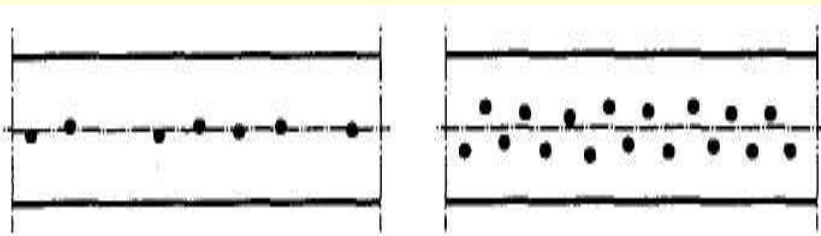
Чешуйчатость сварного шва



Выпуклость корня шва

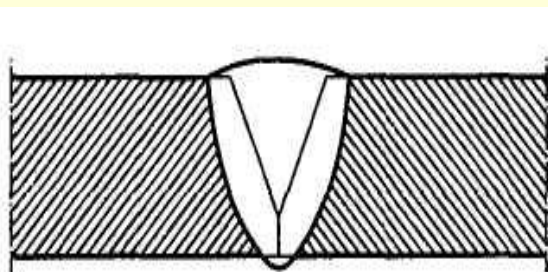


Вогнутость корня шва

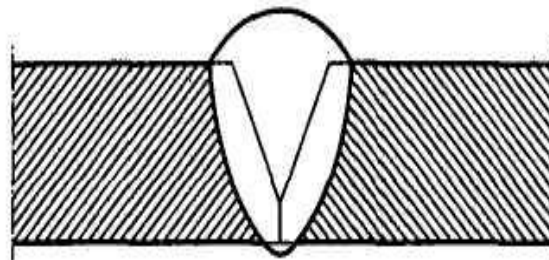


Цепочка пор

Виды дефектов

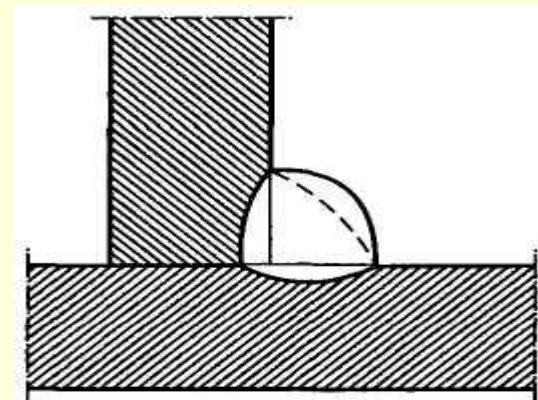


Правильно

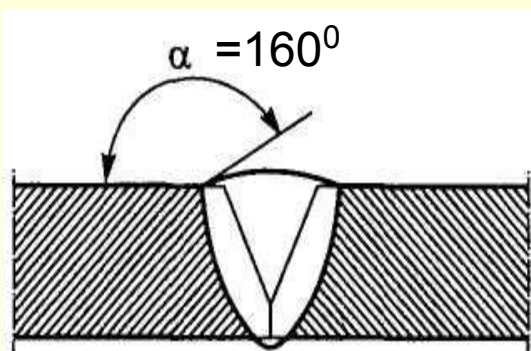


Неправильно

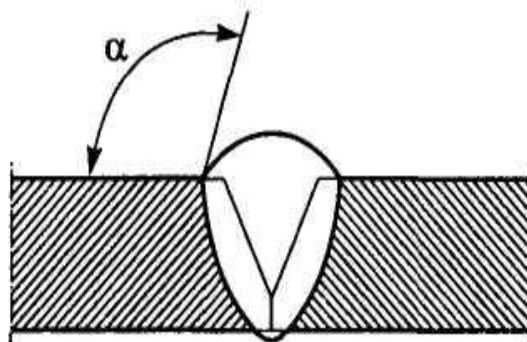
Превышение усиления сварного шва



Превышение выпуклости

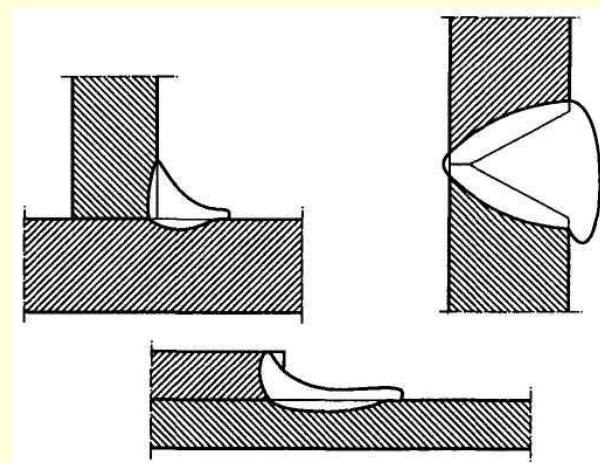


Правильно



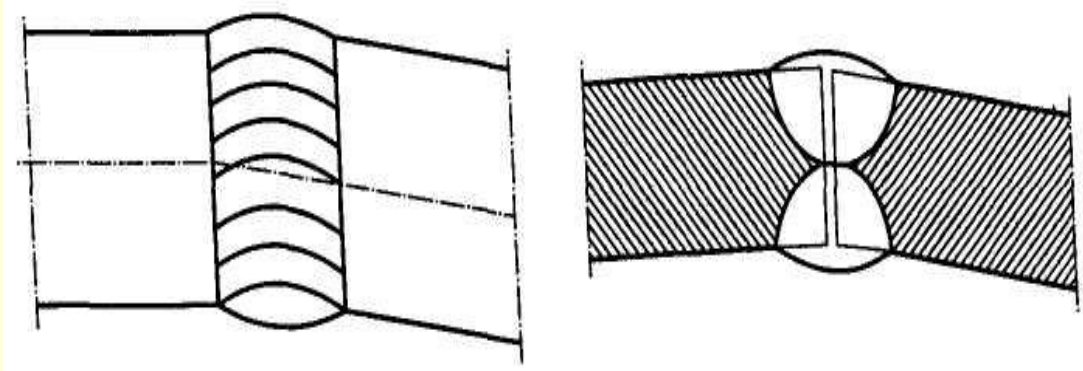
Неправильно

Неправильный профиль сварного шва

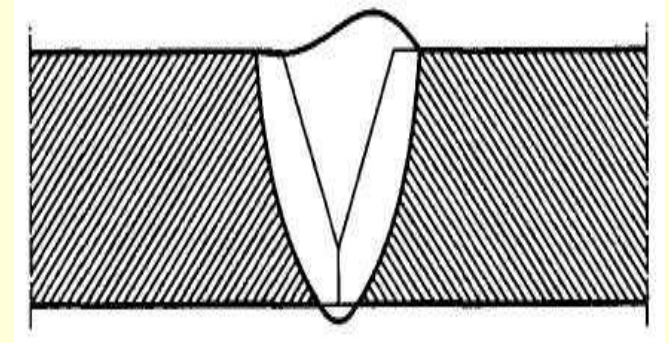


Наплыв

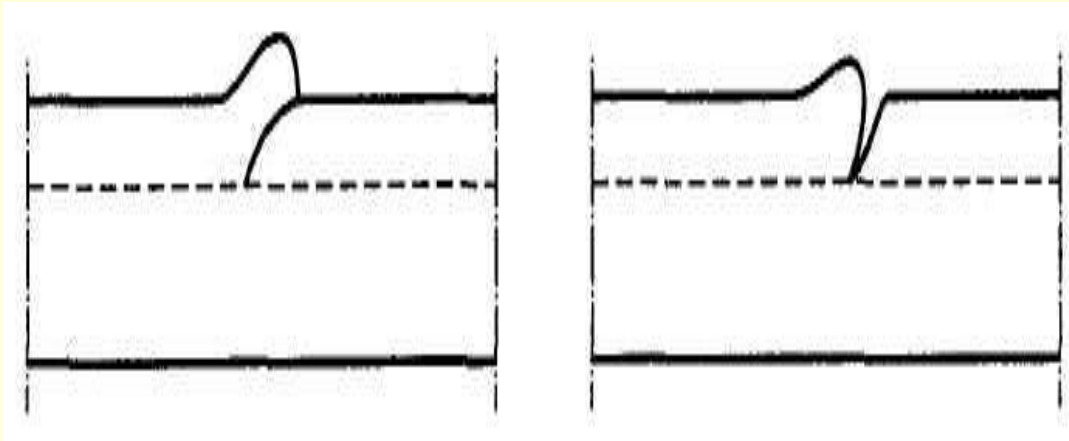
Виды дефектов



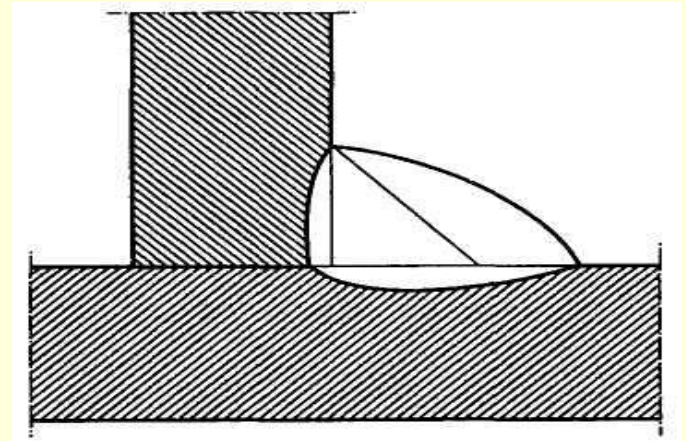
Перелом осей деталей



Не полностью заполненная
разделка кромок



Плохое возобновление шва

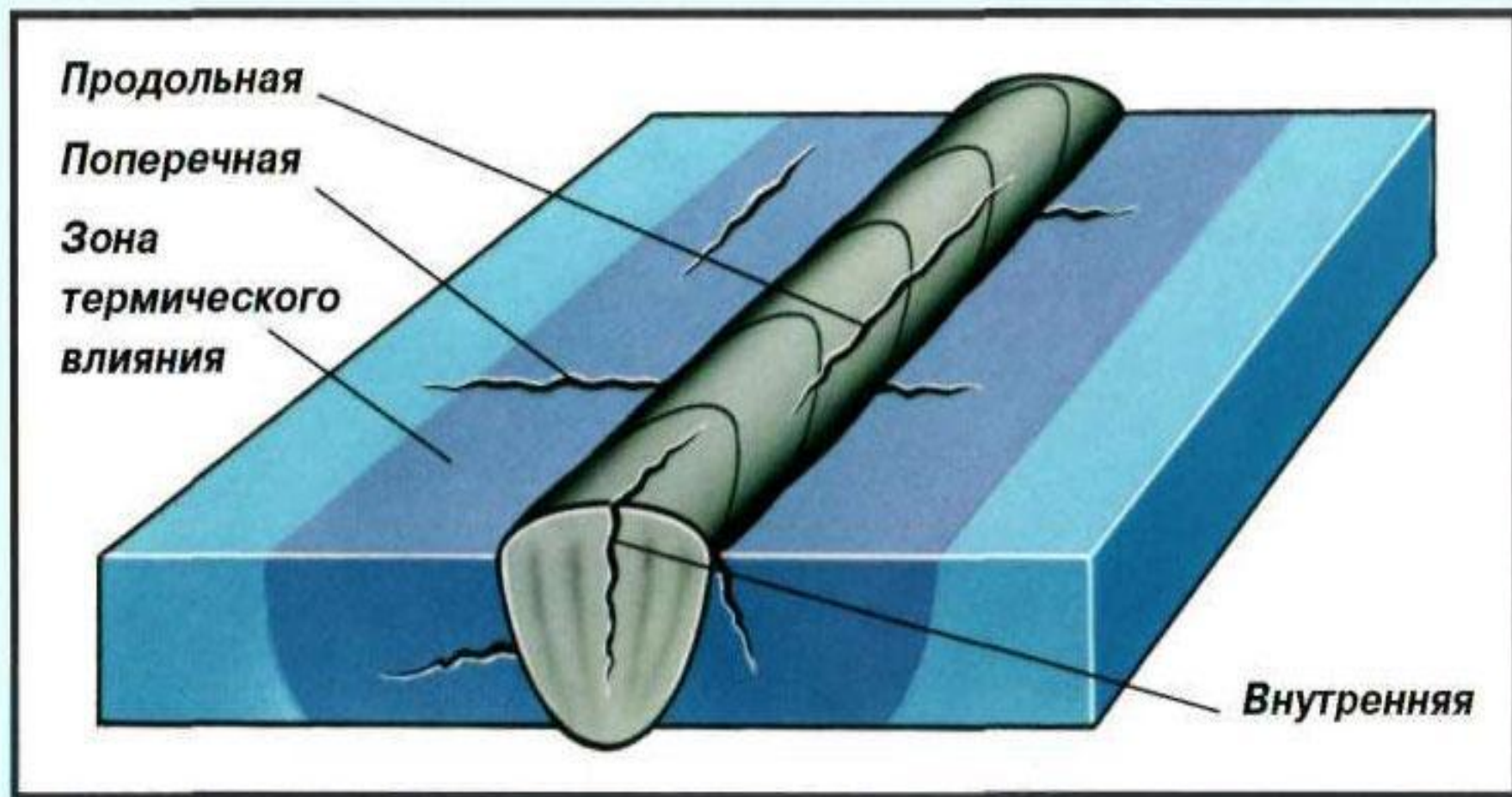


Асимметрия углового шва

ТРЕЩИНЫ (100; Е)

НЕСПЛОШНОСТЬ, вызванная местным разрушением шва и его охлаждением, либо действием нагрузок

НЕДОПУСТИМЫ, так как являются концентратором напряжения и очагом разрушения

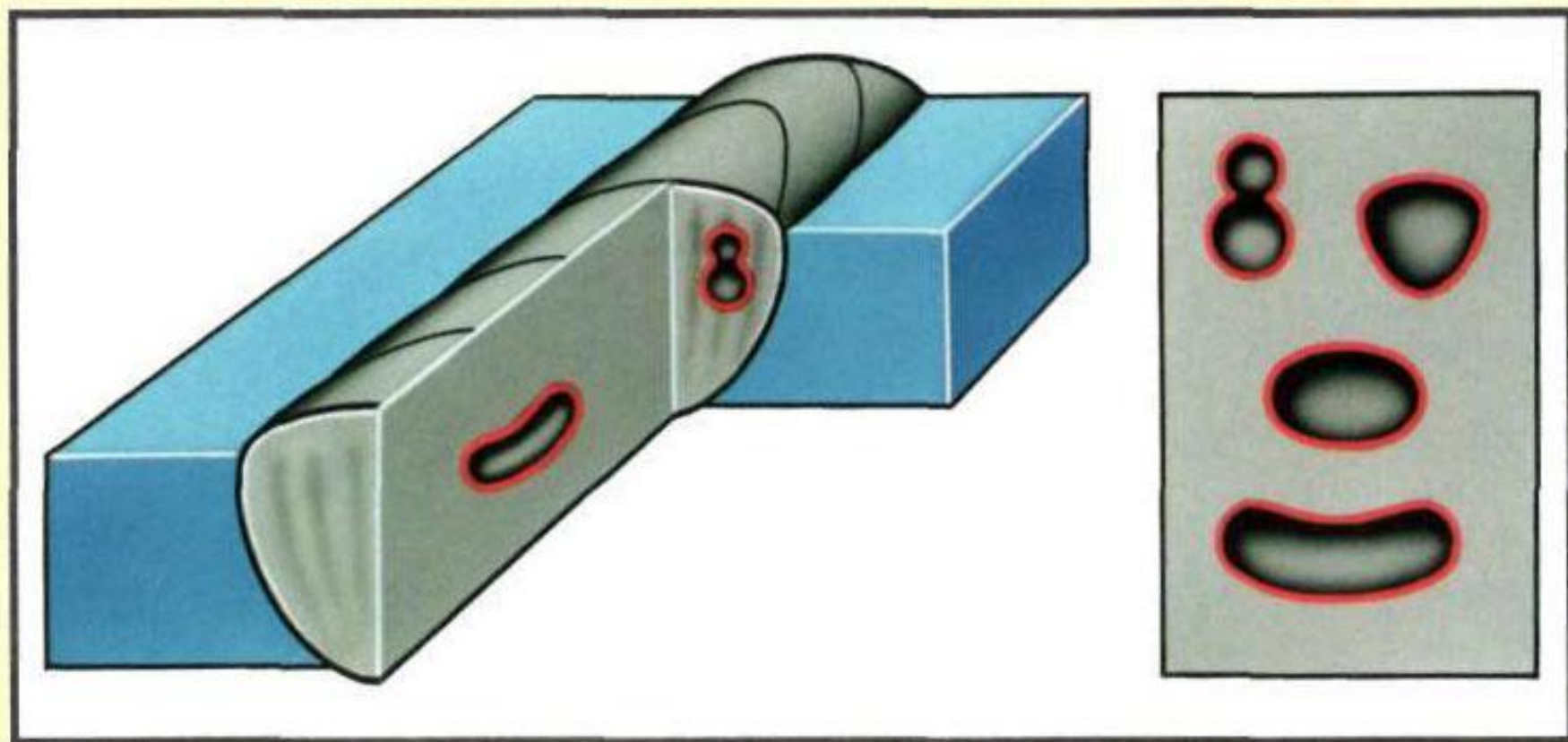


ГАЗОВАЯ ПОЛОСТЬ (200; А)

ПОЛОСТЬ произвольной формы, без углов, образованная газами, задержанными в расплавленном металле

ДОПУСТИМО в виде одиночного дефекта в неответственных конструкциях

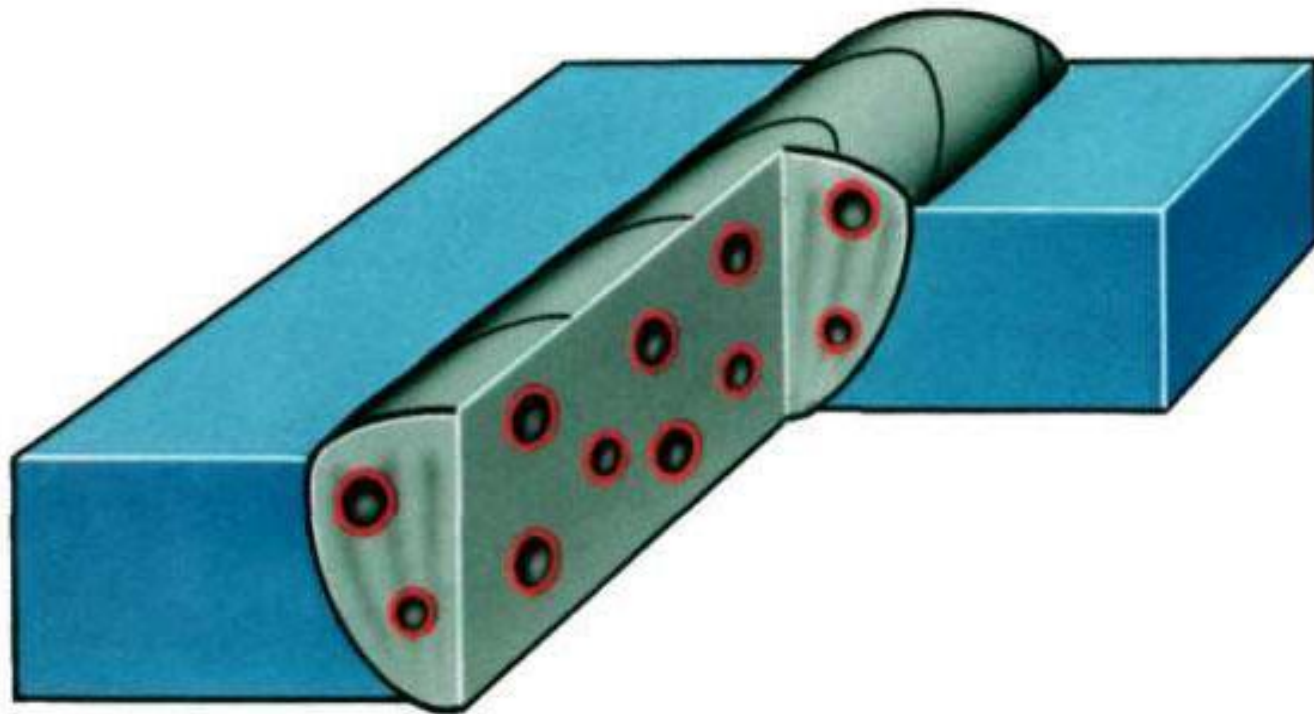
НЕДОПУСТИМО в сварных швах ответственных конструкций, поднадзорных органам технического надзора



РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ПОРИСТОСТЬ (2012; Аа)

ГРУППА ГАЗОВЫХ ПОР, равномерно распределенных в металле сварного шва

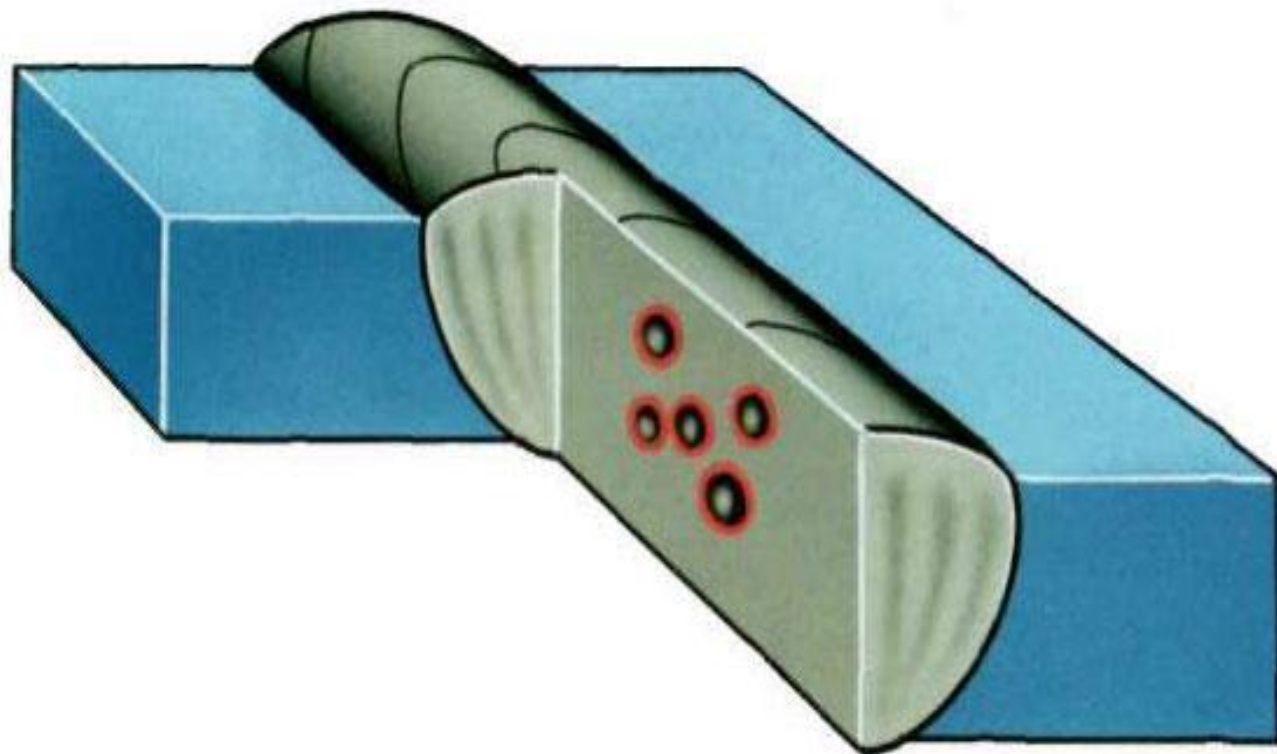
НЕДОПУСТИМО, так как снижает прочностные характеристики металла шва



СКОПЛЕНИЕ ПОР (2013)

ГРУППА газовых полостей (три и более), расположенных кучно, с шагом менее трех максимальных размеров наибольшей из них

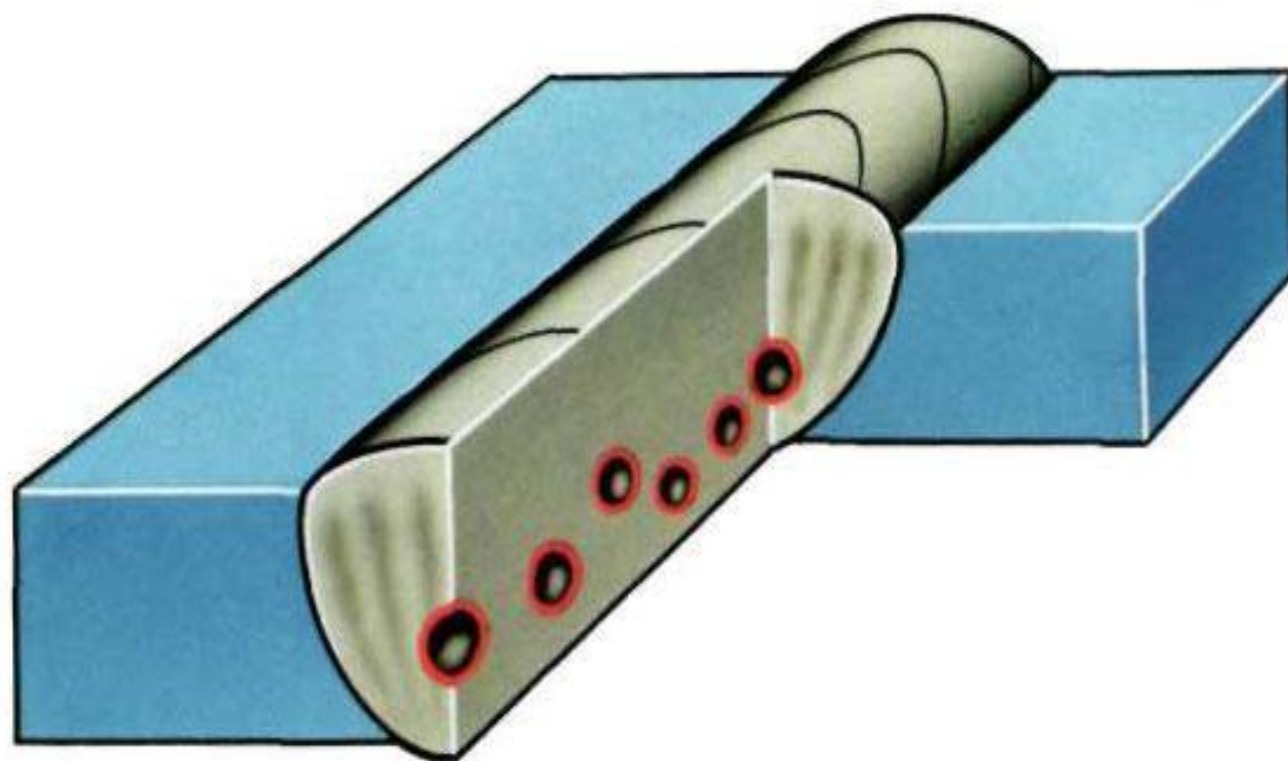
НЕДОПУСТИМО, так как является местным участком провала прочности шва и концентратором напряжения



ЦЕПОЧКА ПОР (2014)

РЯД газовых пор, расположенных в линию, обычно параллельно оси шва, с шагом менее трех максимальных размеров наибольшей из пор

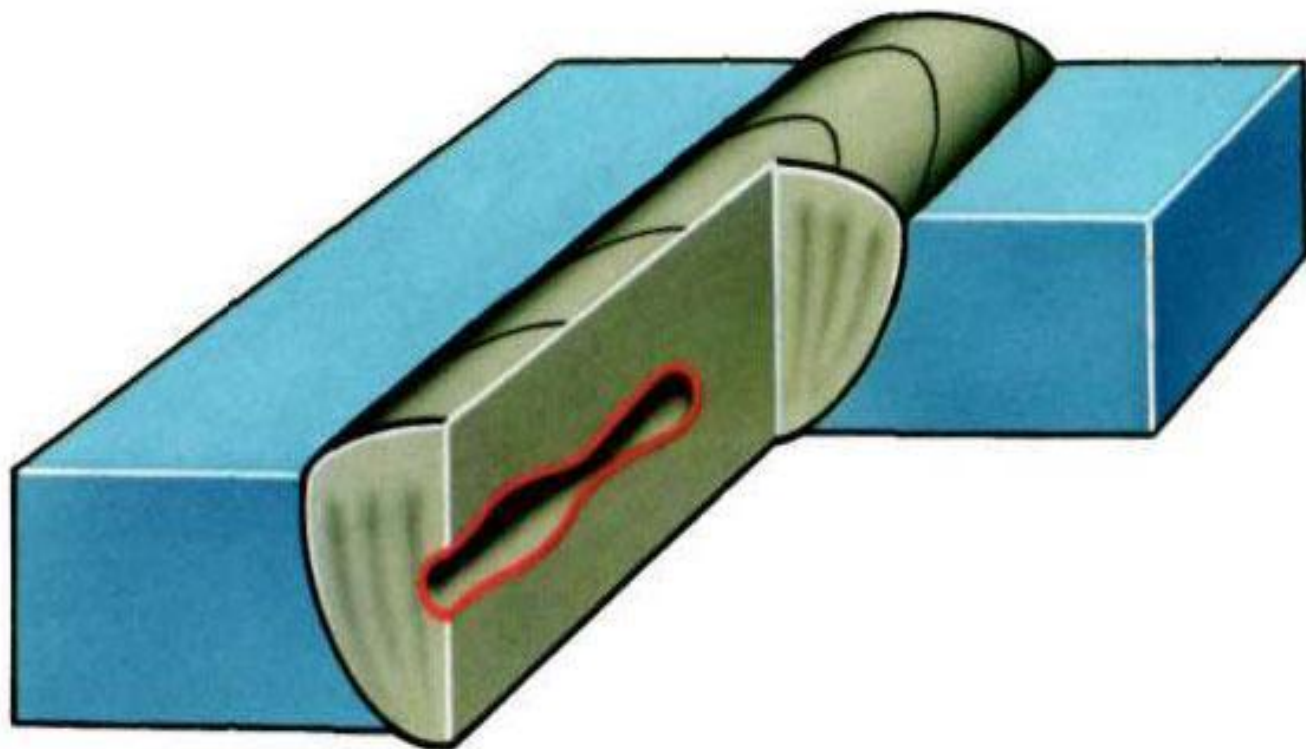
НЕДОПУСТИМО, так как может стать причиной развития других опасных дефектов, например, трещин



ПРОДОЛГОВАТАЯ ГАЗОВАЯ ПОЛОСТЬ (2015; Ab)

НЕСПЛОШНОСТЬ, вытянутая вдоль оси сварного шва. Длина несплошности не менее чем в 2 раза превышает высоту

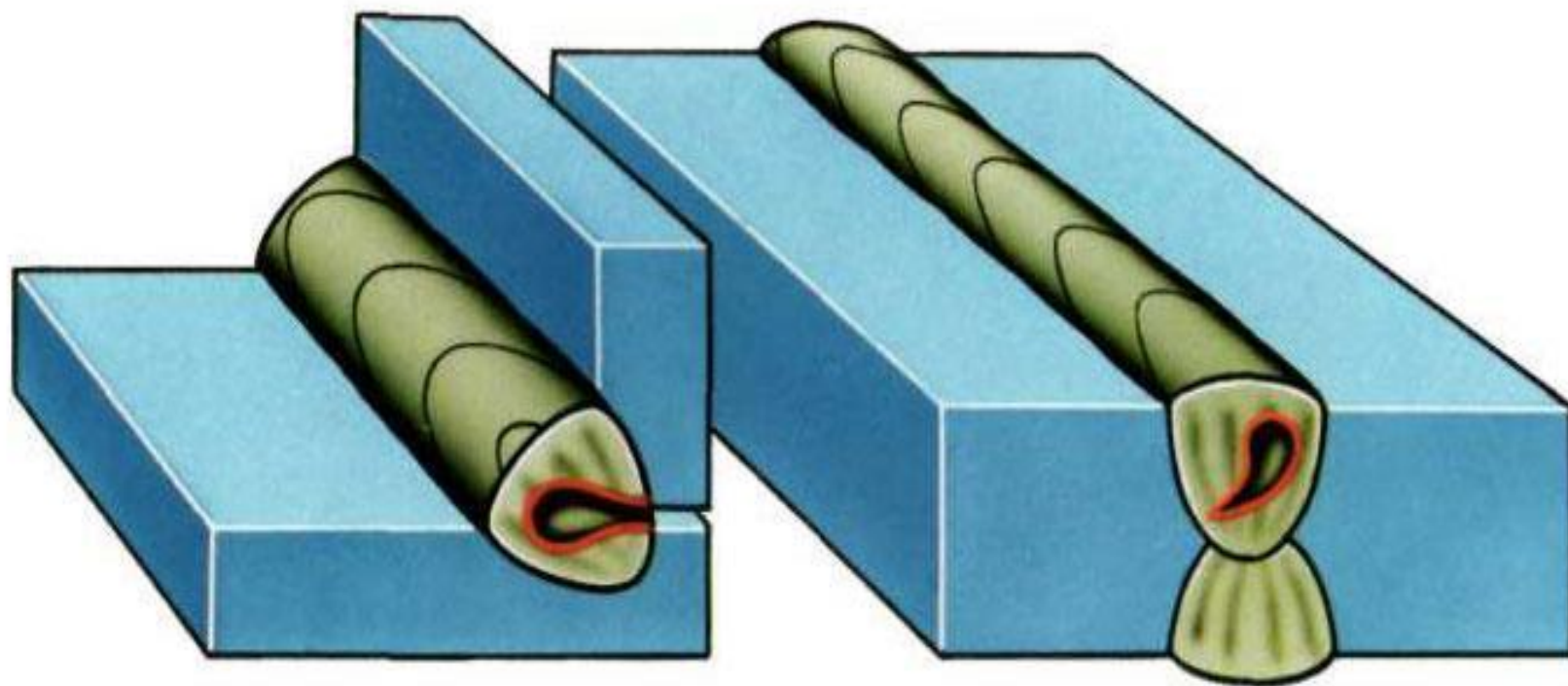
НЕДОПУСТИМО, так как при действии малоцикловых рабочих нагрузок полость может стать причиной образования трещин



СВИЦ (2016; Аь)

ТРУБЧАТАЯ ПОЛОСТЬ в металле сварного шва из-за выделений газа. Форма и положение свища зависят от режима затвердевания и вида газа. Обычно свищи скапливаются и распределяются «елочкой»

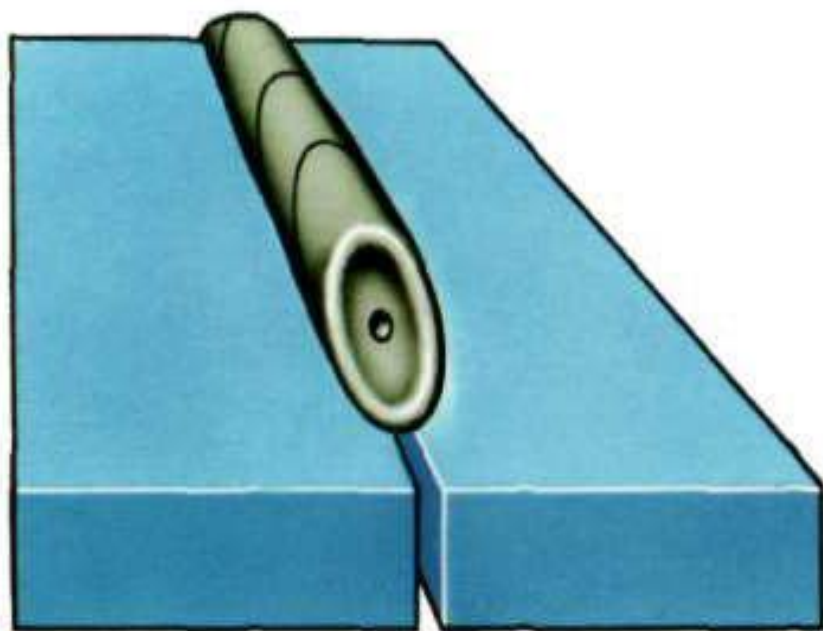
НЕДОПУСТИМО, так как свищ является концентратором напряжения



КРАТЕР (2024; К)

УСАДОЧНАЯ РАКОВИНА в конце валика сварного шва, не заваренная до или во время выполнения последующих проходов

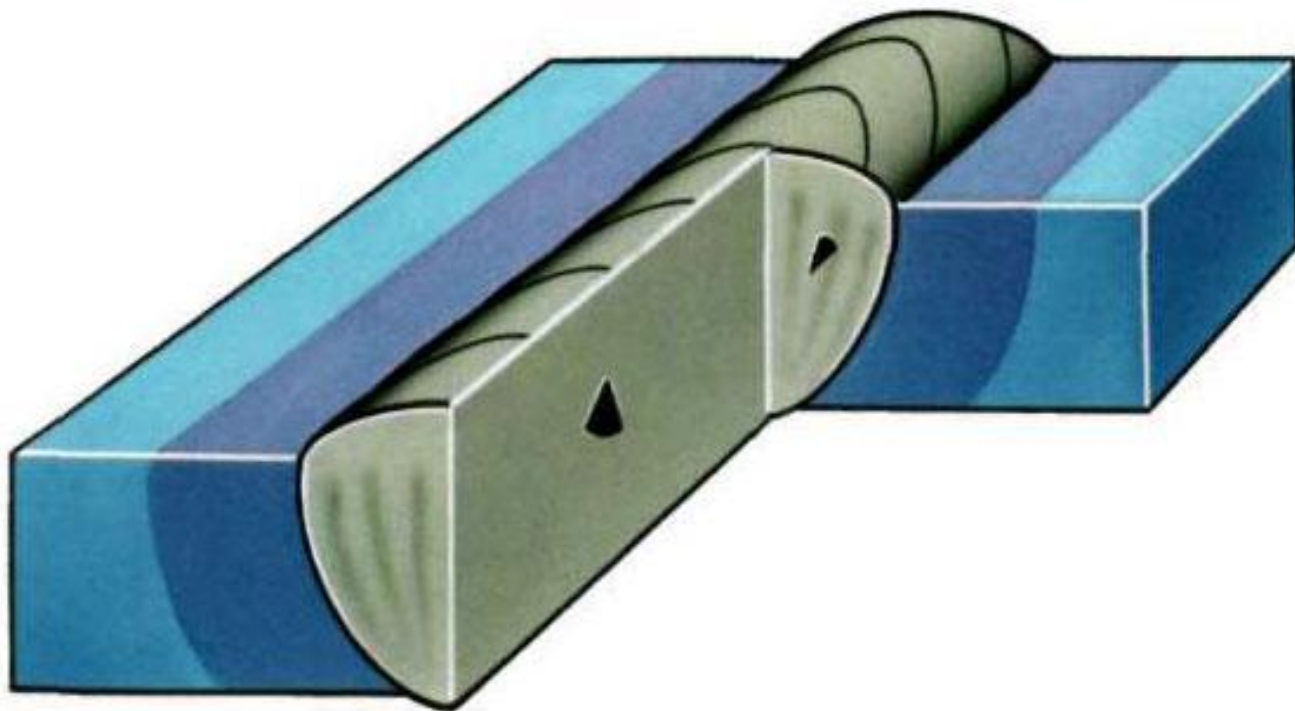
НЕДОПУСТИМО, поскольку кратер является очагом развития трещин



ТВЕРДОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ (300)

ТВЕРДЫЕ ИНОРОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА металлического или неметаллического происхождения в металле сварного шва. Включения, имеющие хотя бы один острый угол, называются «остроугольными»

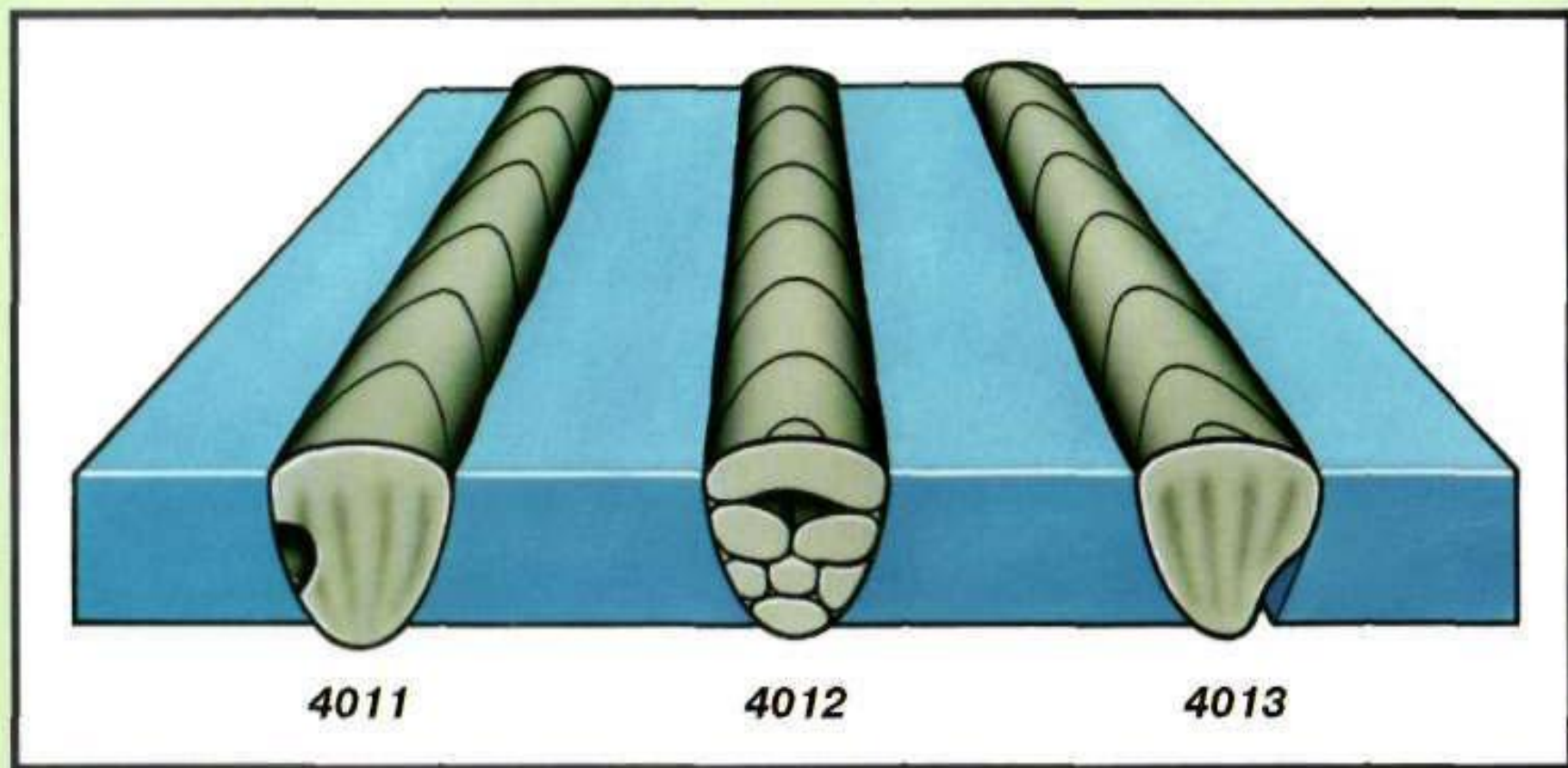
НЕДОПУСТИМО, поскольку является концентратором напряжения



НЕСПЛАВЛЕНИЕ (401)

ОТСУТСТВИЕ СОЕДИНЕНИЯ между металлом сварного шва и основным металлом или между отдельными валиками сварного шва. Различают несплавления: по боковой стороне (4011), между валиками (4012), в корне шва (4013)

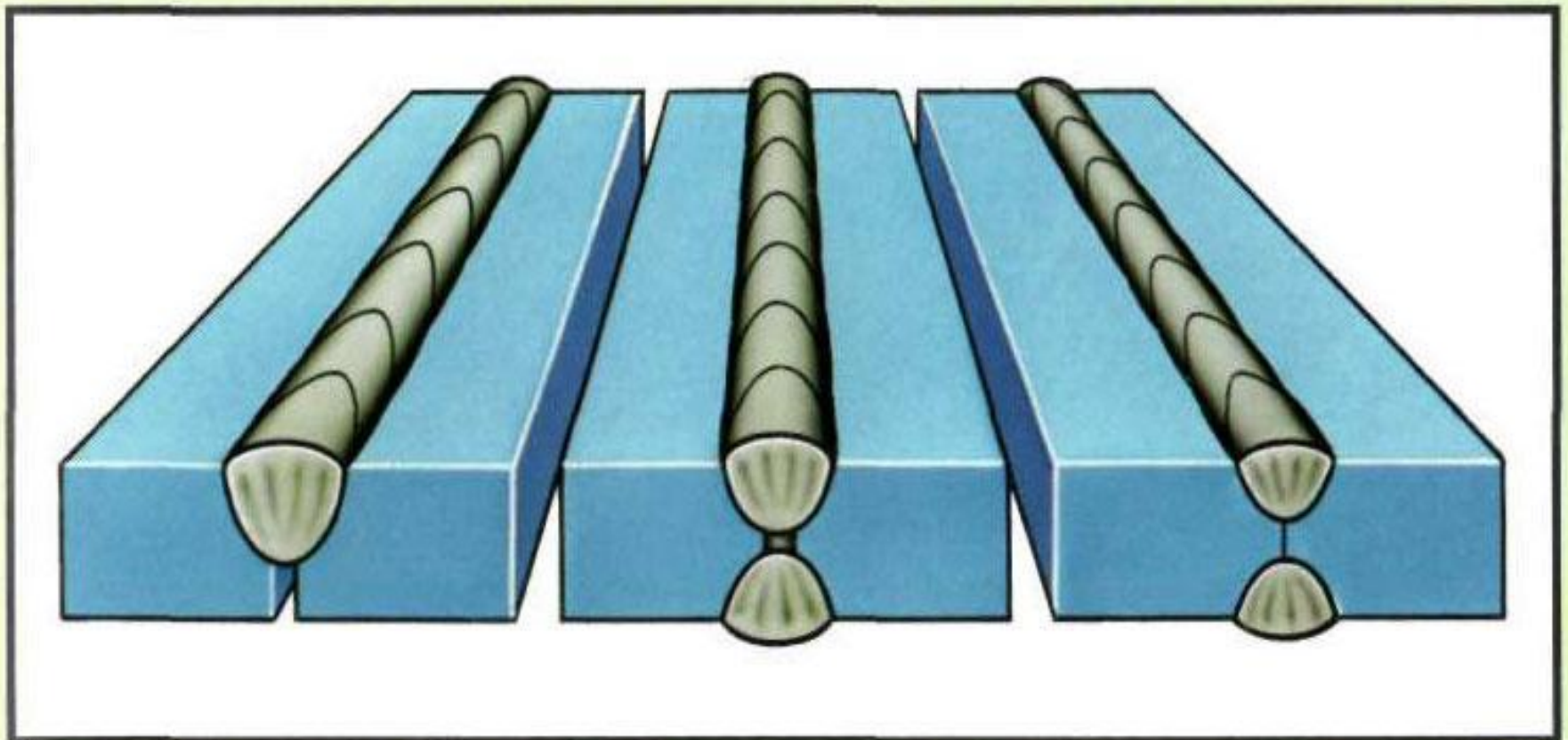
НЕДОПУСТИМО, так как является концентратором напряжения, вызывающим развитие трещин



НЕПРОВАР и ПОЛНЫЙ НЕПРОВАР (402; D)

НЕСПЛОШНОСТЬ по всей длине шва или на его отдельном участке, возникающая из-за неспособности расплавленного металла проникнуть внутрь соединения. Бывает в корне или в сечении шва

НЕДОПУСТИМО, так как является концентратором напряжения, вызывающим развитие трещин

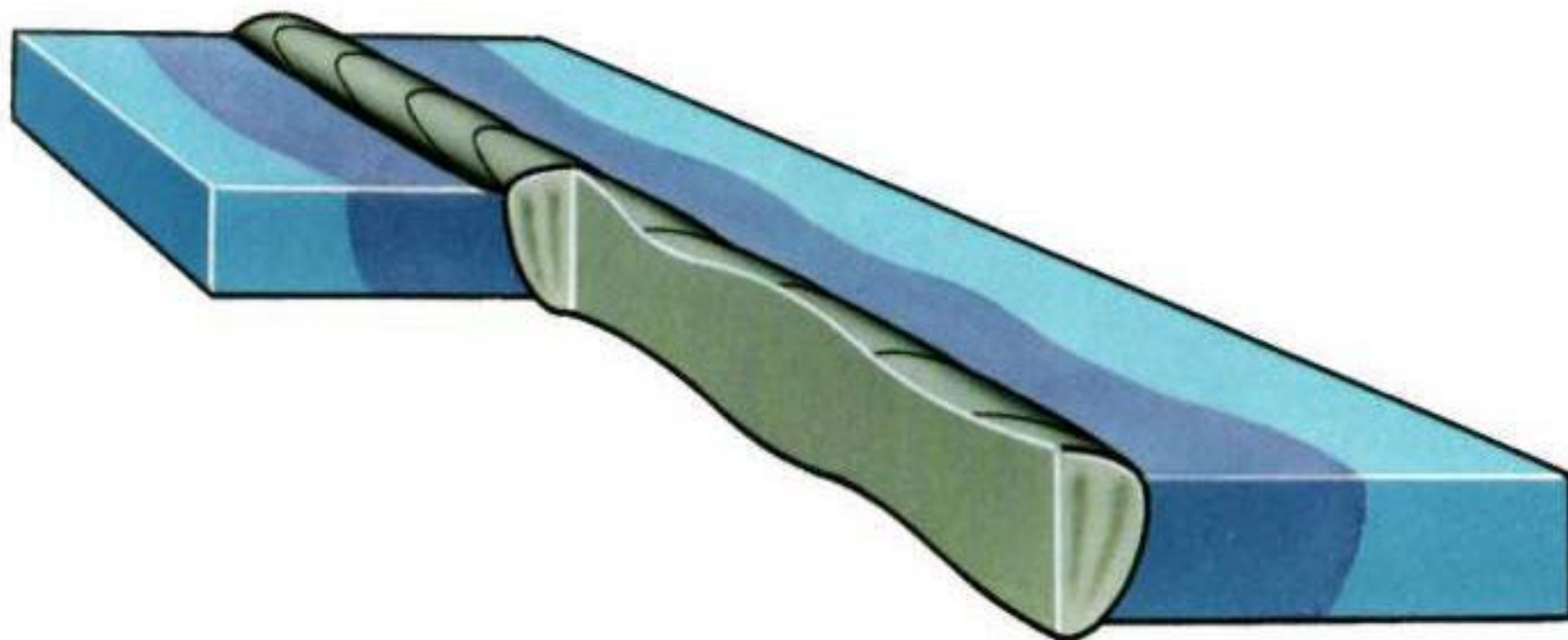


НАРУШЕНИЕ ФОРМЫ (500)

ОТКЛОНЕНИЕ ФОРМЫ наружных поверхностей сварного шва или геометрии соединения от установленного значения

ДОПУСТИМО, если не превышает требований нормативно-технической документации

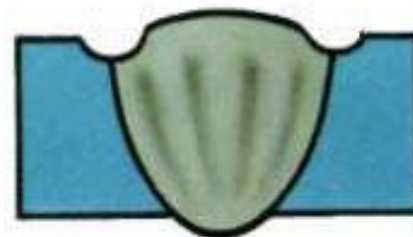
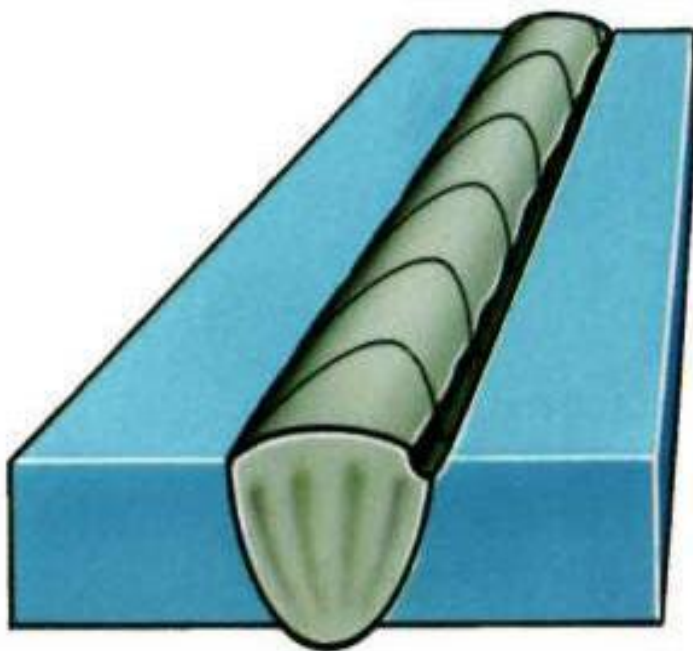
НЕДОПУСТИМО в ответственных конструкциях



ПОДРЕЗ НЕПРЕРЫВНЫЙ ПРОТЯЖЕННЫЙ (5011; F)

ПРОДОЛЬНОЕ УГЛУБЛЕНИЕ на наружной поверхности валика сварного шва

НЕДОПУСТИМО, так как уменьшает поперечное сечение в месте перехода от шва к основному металлу и является концентратором напряжения

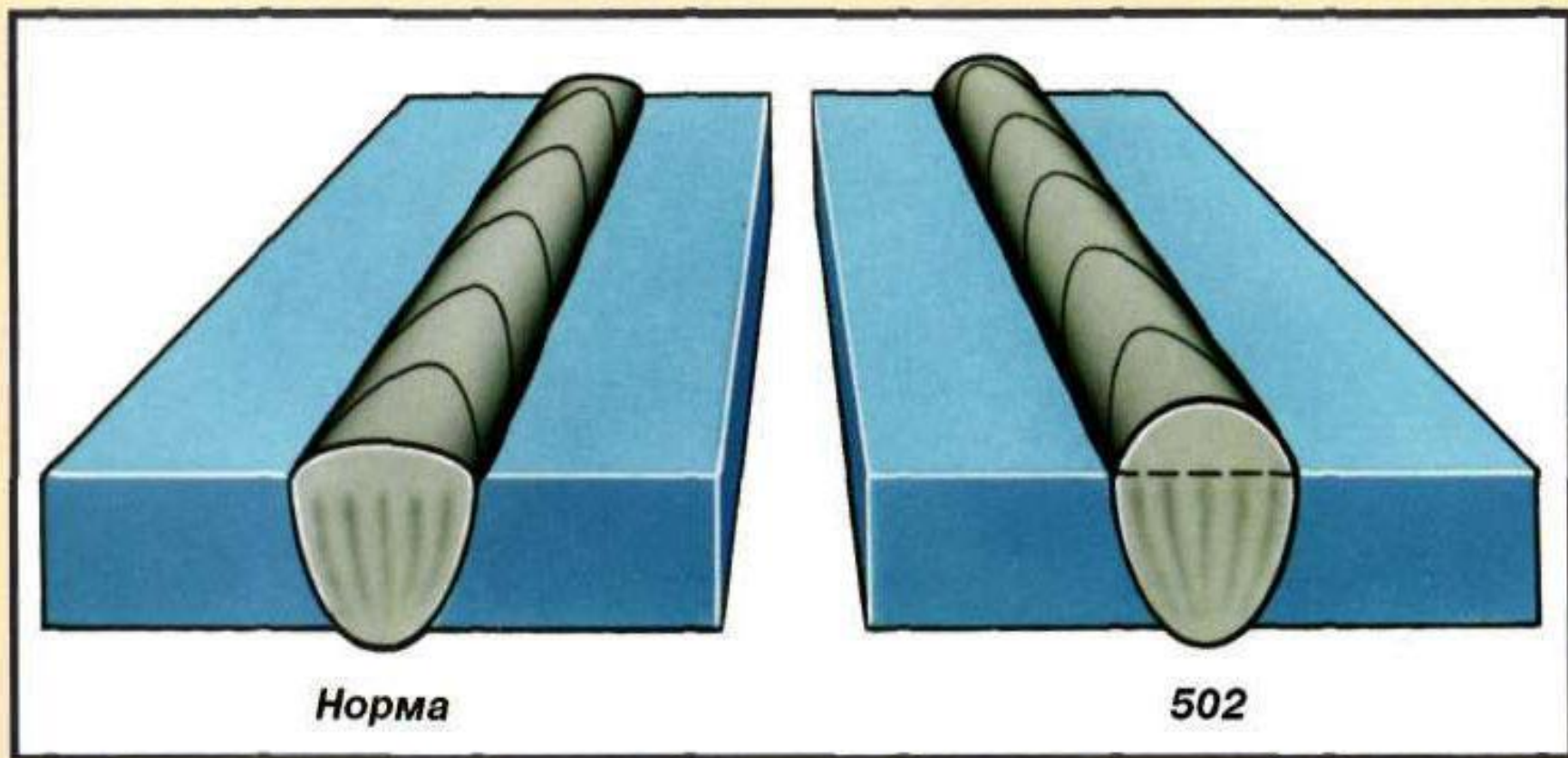


ПРЕВЫШЕНИЕ ВЫПУКЛОСТИ СТЫКОВОГО ШВА (502)

ИЗБЫТОК наплавленного металла на лицевой стороне стыкового шва
сверх установленного значения

ДОПУСТИМО на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМО на ответственных конструкциях, так как
является концентратором напряжения

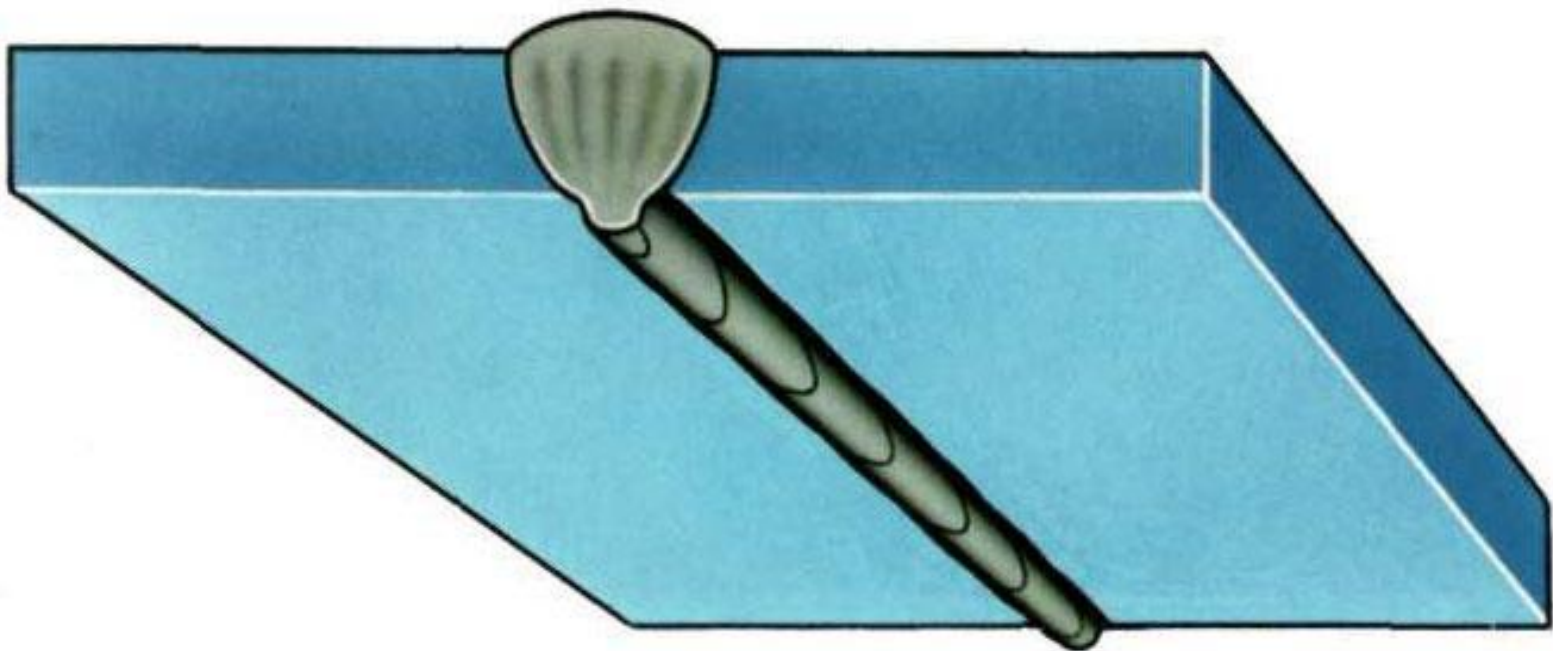


ПРЕВЫШЕНИЕ ПРОПЛАВА (504)

ИЗБЫТОК наплавленного металла на обратной стороне стыкового шва

ДОПУСТИМО на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМО на ответственных конструкциях, так как место перехода от наплавленного металла к основному является концентратором напряжения



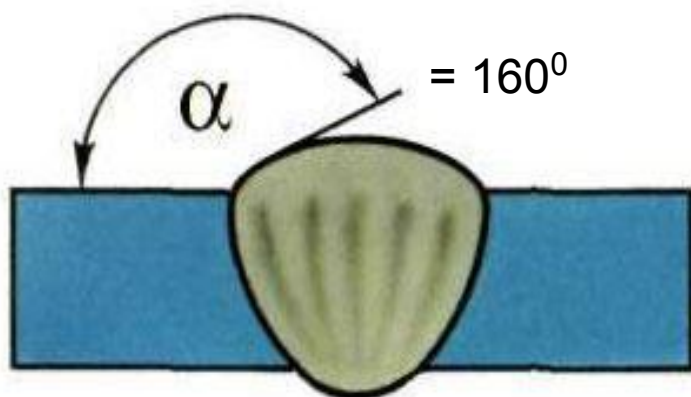
НЕПРАВИЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ СВАРНОГО ШВА (505)

УГОЛ α между поверхностью основного металла и плоскостью, касательной к поверхности сварного шва, меньше установленного значения

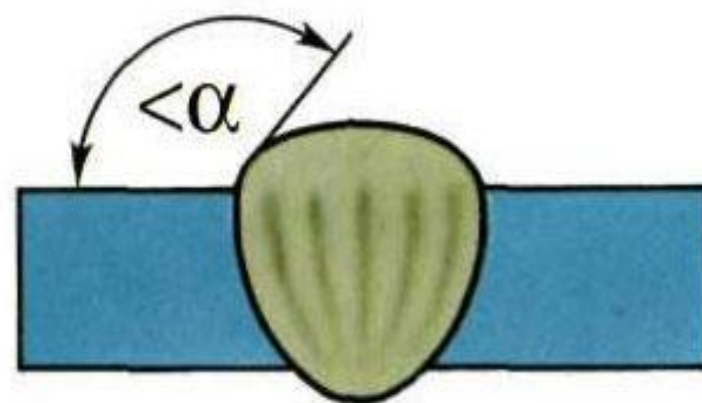
ДОПУСТИМ на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМ на конструкциях, работающих при сложных нагружениях, т.к. место перехода от наплавленного металла к основному является концентратором напряжения

Норма



505

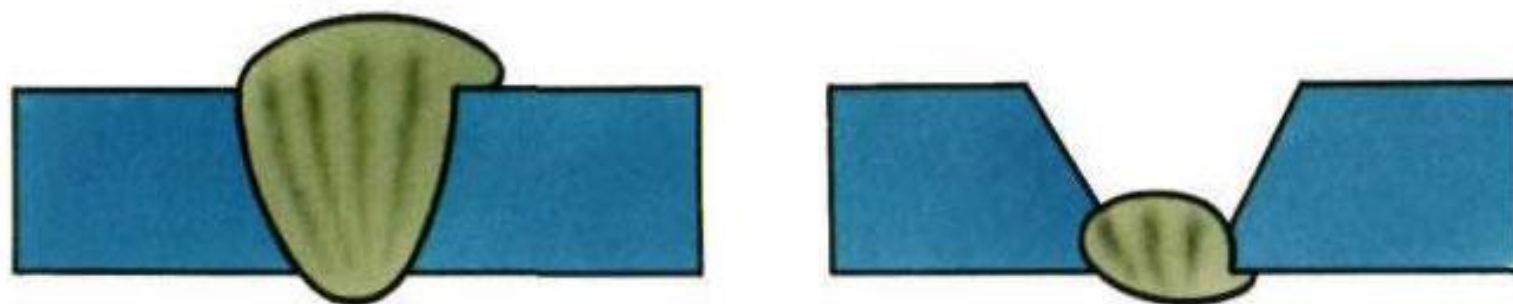


НАПЛЫВ (506)

ИЗБЫТОК наплавленного металла сварного шва, натекащий на поверхность основного металла, но не сплавленный с ним

ДОПУСТИМ на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМ на ответственных конструкциях, поднадзорных органам технического надзора

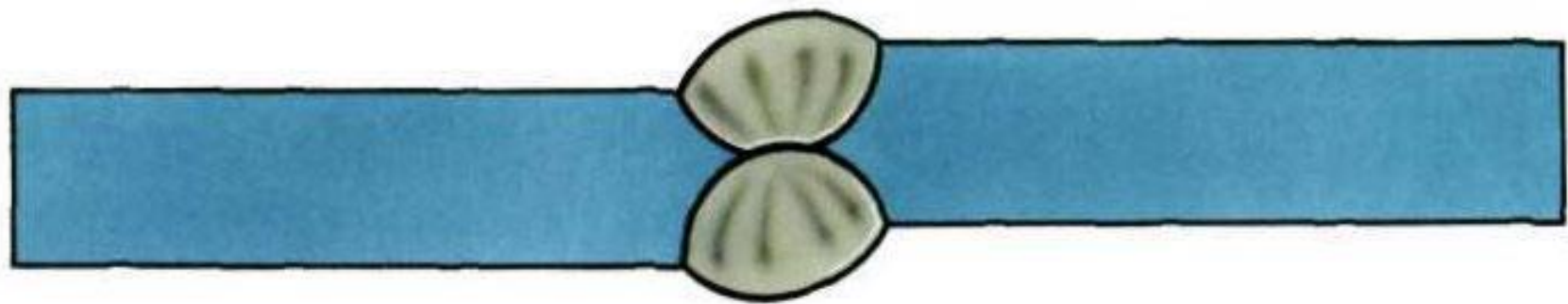


ЛИНЕЙНОЕ СМЕЩЕНИЕ депланация свариваемых листов (507)

СМЕЩЕНИЕ между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются параллельно, но не на требуемом уровне

ДОПУСТИМО на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМО на ответственных конструкциях, под-
надзорных органам технического надзора

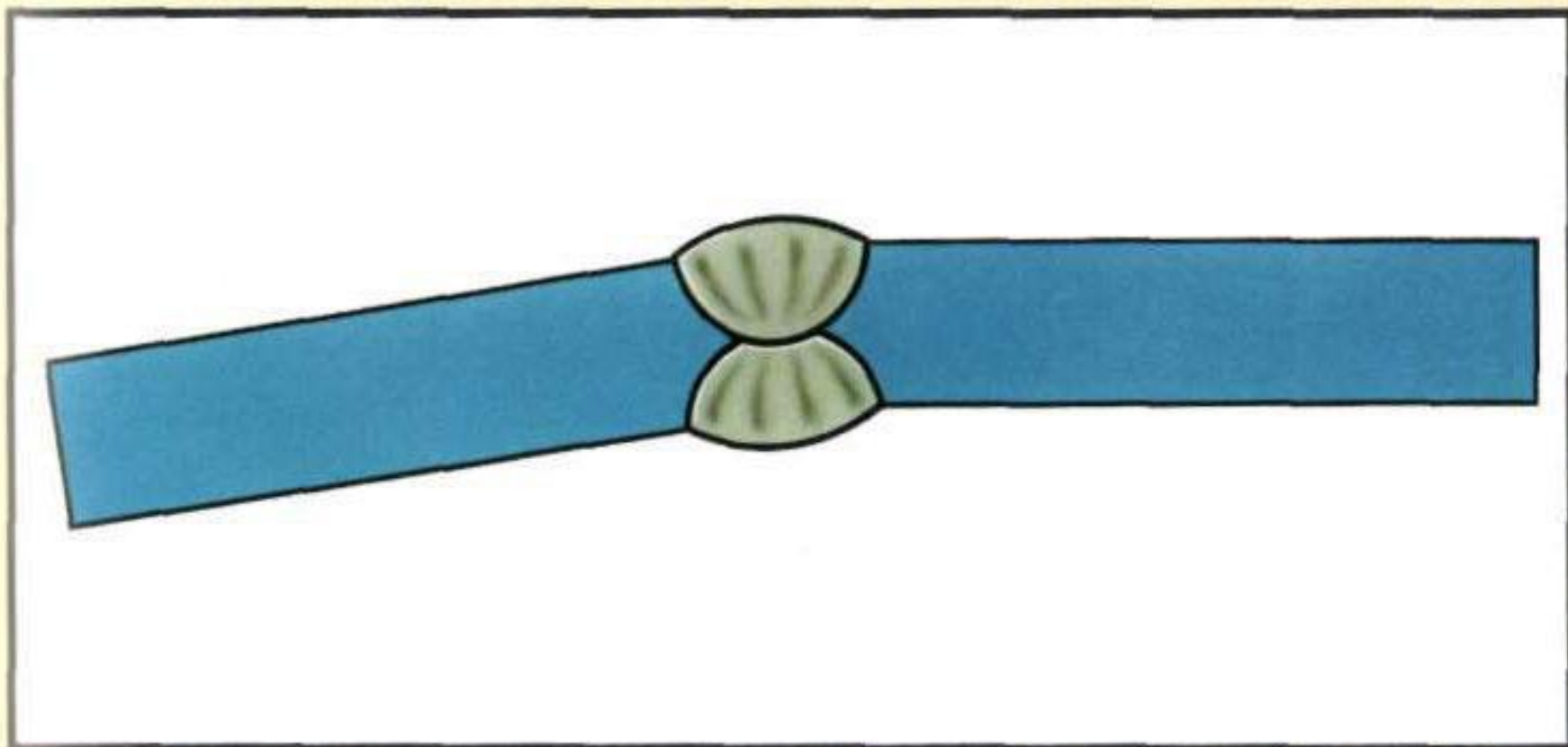


УГЛОВОЕ СМЕЩЕНИЕ (508)

СМЕЩЕНИЕ между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются под углом, отличающимся от требуемого

ДОПУСТИМО на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМО на ответственных конструкциях, поднадзорных органам технического надзора



НАТЕК (509)

МЕТАЛЛ ШВА, осевший от тяжести и не сплавленный с соединяемой поверхностью, при горизонтальном (5091), нижнем или потолочном (5092) положении сварки, в угловом шве (5093), в нахлесточном соединении (5094)

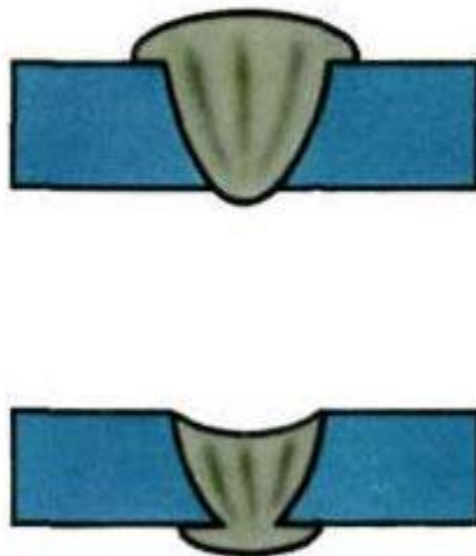
ДОПУСТИМ на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМ на ответственных конструкциях, поднадзорных органам технического надзора

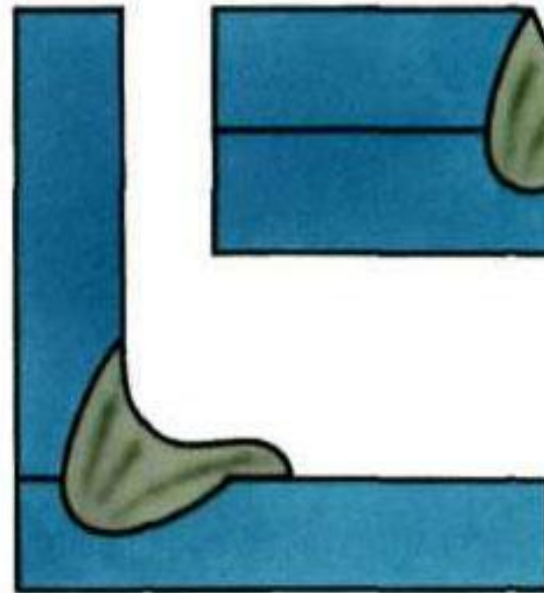
5091



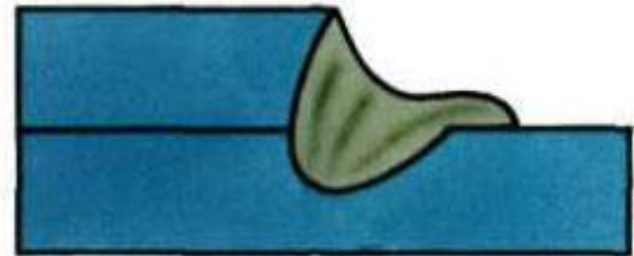
5092



5093



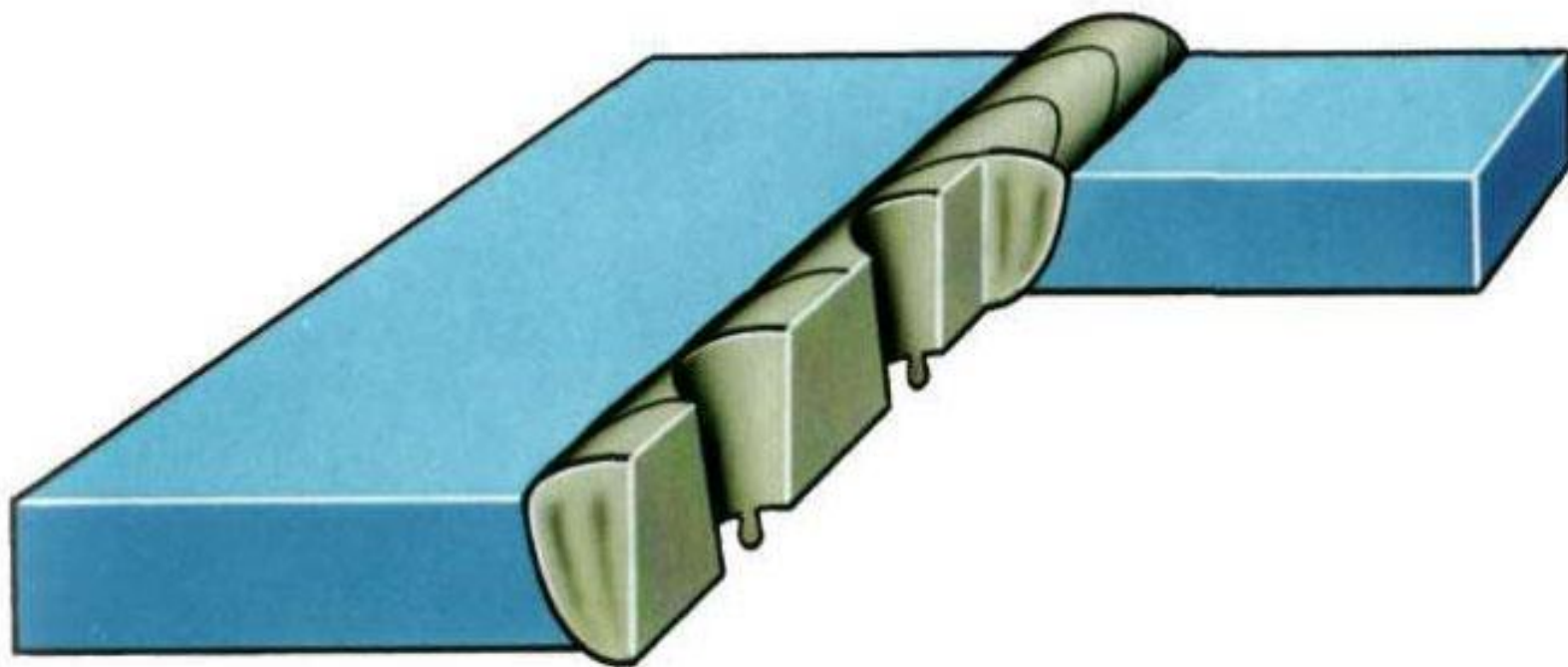
5094



ПРОЖОГ (510)

ВЫТЕКАНИЕ МЕТАЛЛА сварочной ванны, в результате чего образуется сквозное отверстие в сварном шве

НЕДОПУСТИМ, так как нарушает сплошность сварного шва

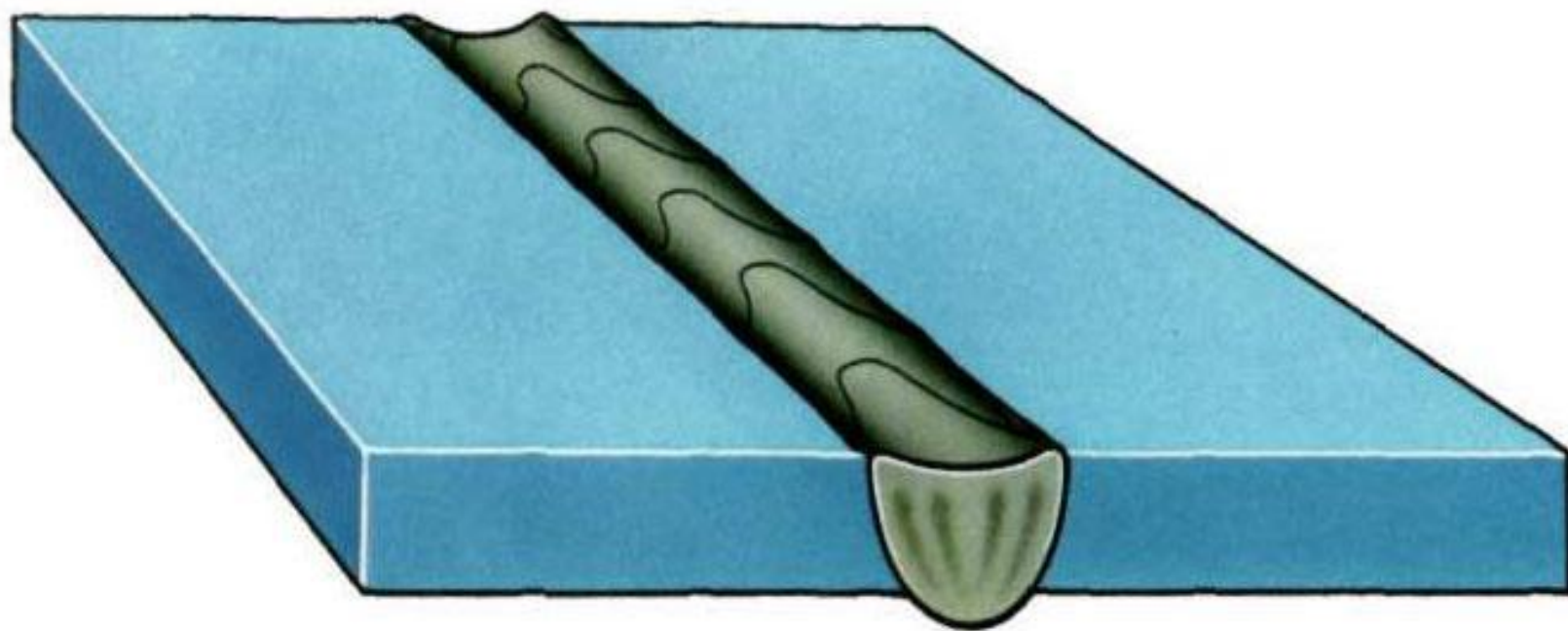


НЕПОЛНОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ РАЗДЕЛКИ КРОМОК (511)

ПРОДОЛЬНАЯ непрерывная или прерывистая КАНАВКА на поверхности сварного шва из-за недостаточности присадочного материала

ДОПУСТИМО на неответственных конструкциях

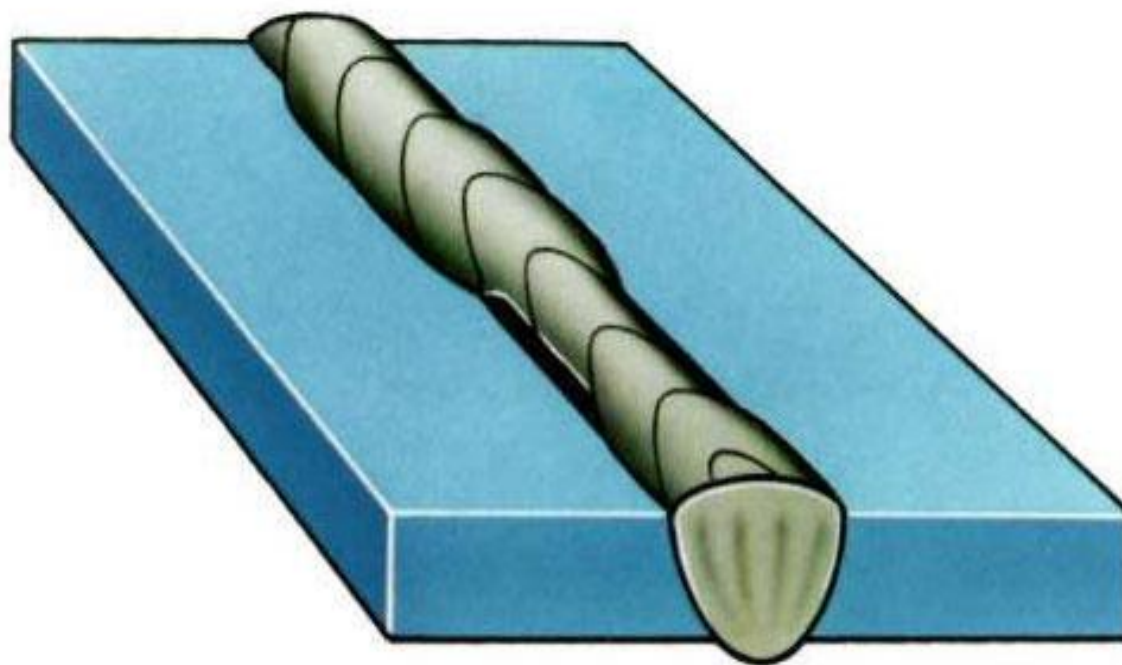
НЕДОПУСТИМО на ответственных конструкциях, под-надзорных органам технического надзора



НЕРАВНОМЕРНАЯ ШИРИНА ШВА (513)

ОТКЛОНЕНИЕ ширины сварного шва от установленного значения

Недопустима на ответственных конструкциях, поднадзорных органам технического надзора

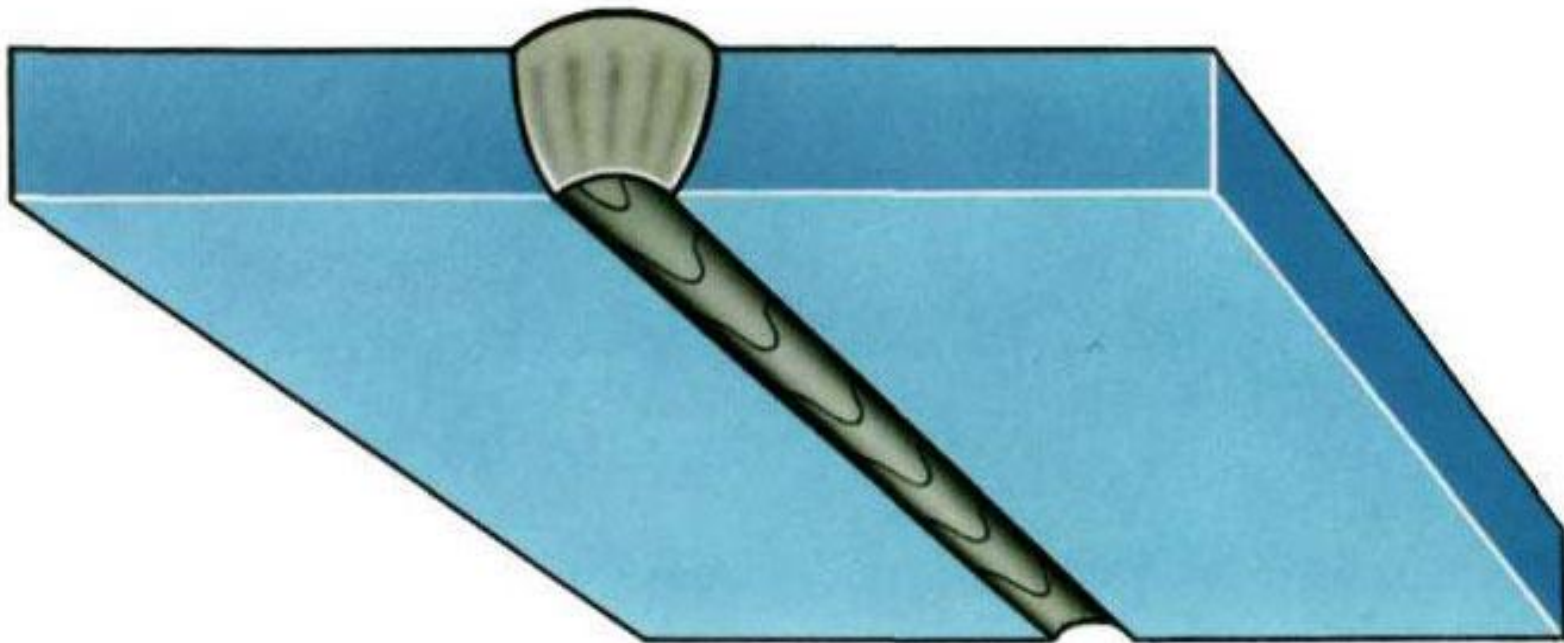


ВОГНУТОСТЬ КОРНЯ ШВА (515)

НЕГЛУБОКАЯ КАНАВКА со стороны корня одностороннего сварного шва

ДОПУСТИМА на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМА на ответственных конструкциях, под-
надзорных органам технического надзора

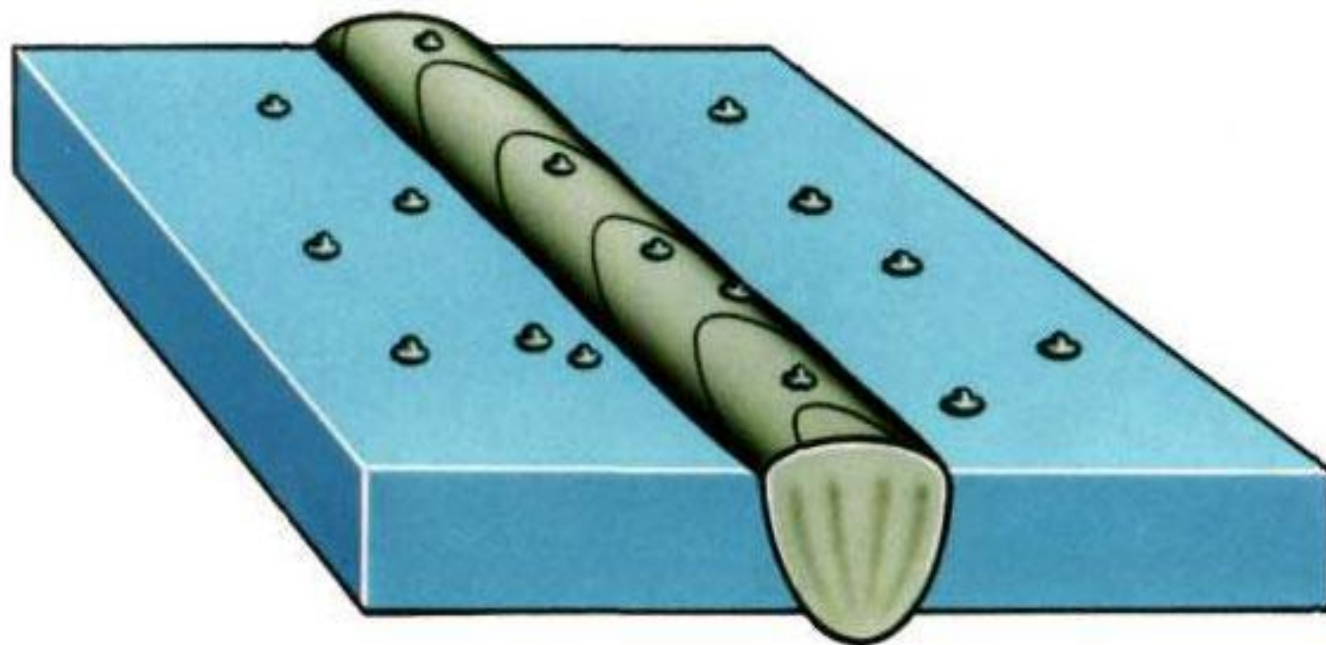


БРЫЗГИ МЕТАЛЛА (602)

КАПЛИ наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околошовной зоны основного металла.

ДОПУСТИМЫ на неответственных конструкциях

НЕДОПУСТИМЫ на ответственных и декоративных конструкциях







TOOL-LAND.RU





TOOL-LAND.RU

Методы НК

Для выявления дефектов используют различные виды неразрушающего контроля.

Неразрушающим называют контроль, после которого продукцию можно

использовать по прямому назначению.

<p><u>ВИК</u> Визуальный и измерительный контроль</p>	<p><u>КК</u> Капиллярный контроль</p>	<p><u>МК</u> Магнитный контроль</p>	<p><u>УК</u> Ультразвуковой контроль</p>	<p><u>РК</u> Радиационный контроль</p>
<p>Поверхностные дефекты, видимые невооруженным глазом или при помощи оптических приборов с увеличением до 10^x</p>	<p>Поверхностные дефекты, не видимые при ВИК</p>	<p>Поверхностные дефекты, не видимые при ВИК и подповерхностные дефекты</p>	<p>Внутренние дефекты</p>	<p>Внутренние дефекты</p>

Преимущества и недостатки ВИК

ВИК занимает важное место среди методов НК.

ВИК - это единственный метод, который может выполняться и часто выполняется без какого-либо оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств.

Но одновременно ВИК является сложным методом.

Для надежного выявления дефектов специалист должен знать:

- свойства материала,
- условия термообработки и эксплуатации,
- типы дефектов, причины их возникновения, пути их предотвращения и устранения,
- иметь представление о других методах НК, знать их достоинства и недостатки.

Преимущества ВИК

- Доступность.
- Простота.
- Несложное оборудование.
- Сравнительно малая трудоемкость.

Недостатки ВИК

- Недостаточно высокая достоверность.
- Недостаточно высокая чувствительность.

Физические основы ВИК

Основные понятия

Электромагнитное излучение – это электромагнитные волны, испущенные источником, свободно распространяющиеся в пространстве и ничем не связанные с источником.

Электромагнитные волны – это возмущения электромагнитного поля, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью.

В свободном пространстве эти волны являются поперечными и их скорость распространения $c \approx 3 \times 10^{10} \text{ см/с}$.

Характерной особенностью электромагнитного излучения является корпускулярно-волновой дуализм.

Фотон – это квант поля электромагнитного излучения.

Корпускулярные свойства фотона описываются его массой $m = \varepsilon / c^2$ и импульсом $P = \varepsilon / c$

ε – энергия фотона, c – скорость распространения.

Волновые свойства фотона характеризуются частотой ν и длиной волны λ .

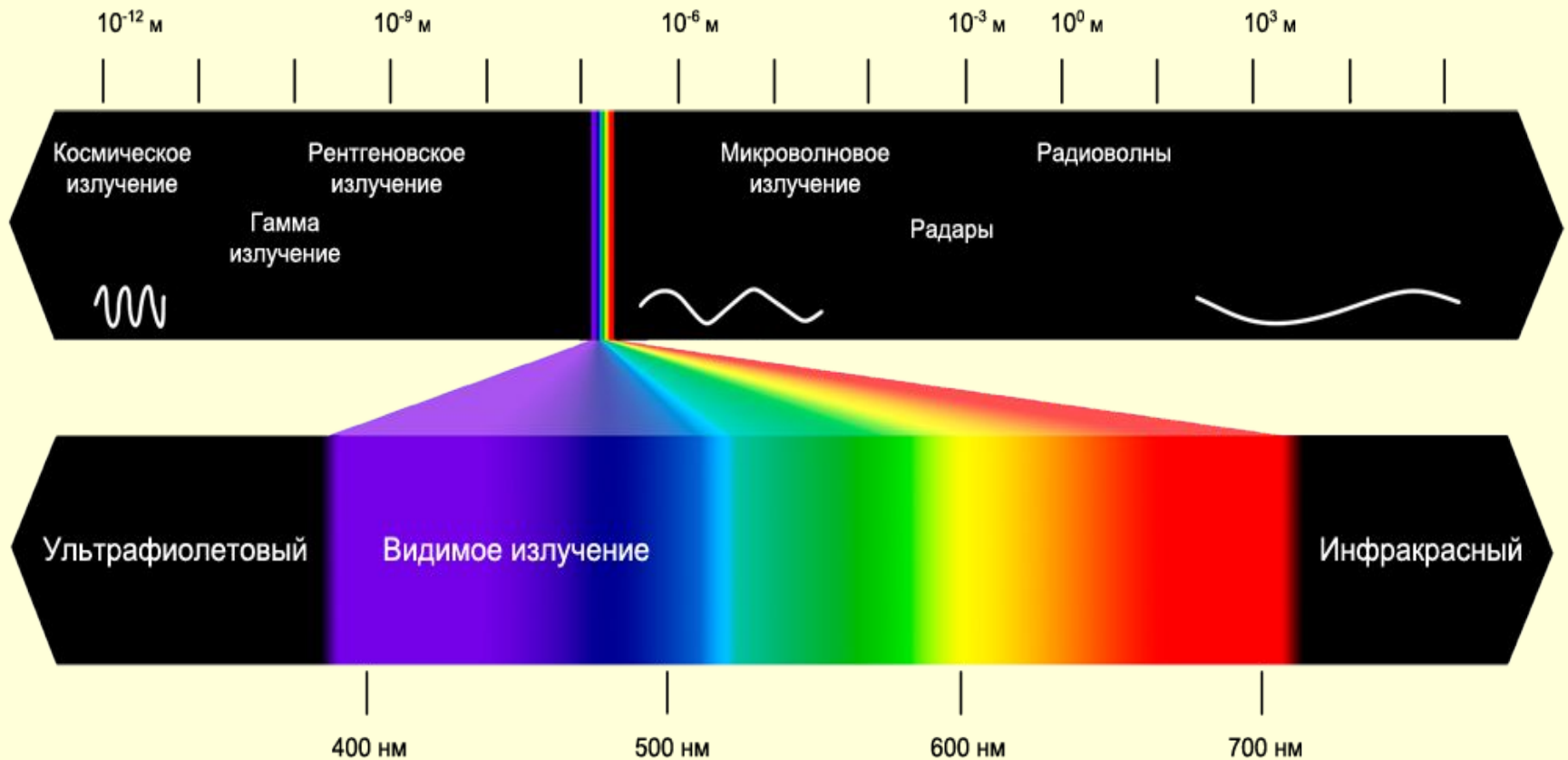
$$\lambda = c / \nu.$$

Физические основы ВИК

Оптическое излучение – это электромагнитное излучение, характеризующееся длинами волн в диапазоне $5 \times 10^{-9} - 10^{-3}$ м.



Физические основы ВИК



Видимое излучение (свет) – излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение, характеризуется длинами волн (0,4 – 0,76) МКМ.

Физические основы ВИК

Световые величины

Сила света I – физическая величина, характеризующая величину световой энергии, переносимую в некотором направлении в единицу времени, единица – кандела Кд.

Световой поток Φ - физическая величина, характеризующая количество «световой» мощности в соответствующем потоке излучения, единица – люмен Лм.

$\Phi = I \times \Omega$, где Ω - телесный угол.

Яркость L – величина, равная отношению силы света к площади освещаемой поверхности, единица – нит.

$L = I / A$, где A – площадь освещенной поверхности.

Освещенность E – величина, равная отношению светового потока к площади освещаемой поверхности, единица – люкс Лк.

$E = \Phi / A$

Освещенность



Она бывает общая, местная и комбинированная.

Общая – естественное освещение, светильники в верхней зоне помещения.

Местная – дополнительная к общей, светильники на рабочих местах, фонари и т.д.

Комбинированная – общая + местная.

Освещенность измеряется люксметром.

ГОСТ 23479-79. «Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования.»

Нормы освещенности поверхности объекта при визуальном контроле в зависимости от контраста дефекта с фоном и его размером таблица 3 ГОСТ 23479-79

Наименьший размер дефекта, мм	Контраст дефекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк, при системе			
			комбинированного освещения		общего освещения	
			разрядными лампами	лампами накаливания	разрядными лампами	лампами накаливания
До 0,15	Малый	Темный	5000	4000	1500	300
		Светлый	4000	3000	1250	300
	Средний	Темный	3000	3000	1000	300
		Светлый	3000	2000	1050	300
	Большой	Темный	1500	1250	400	300
		Светлый	1500	1250	400	300
От 0,15 до 0,30	Малый	Темный	4000	3000	1250	300
		Светлый	3000	2500	750	300
	Средний	Темный	3000	2500	750	300
		Светлый	2000	1500	500	300
	Большой	Темный	2000	1500	500	300
		Светлый	1000	750	300	250

Физические основы ВИК

Элементы физической оптики

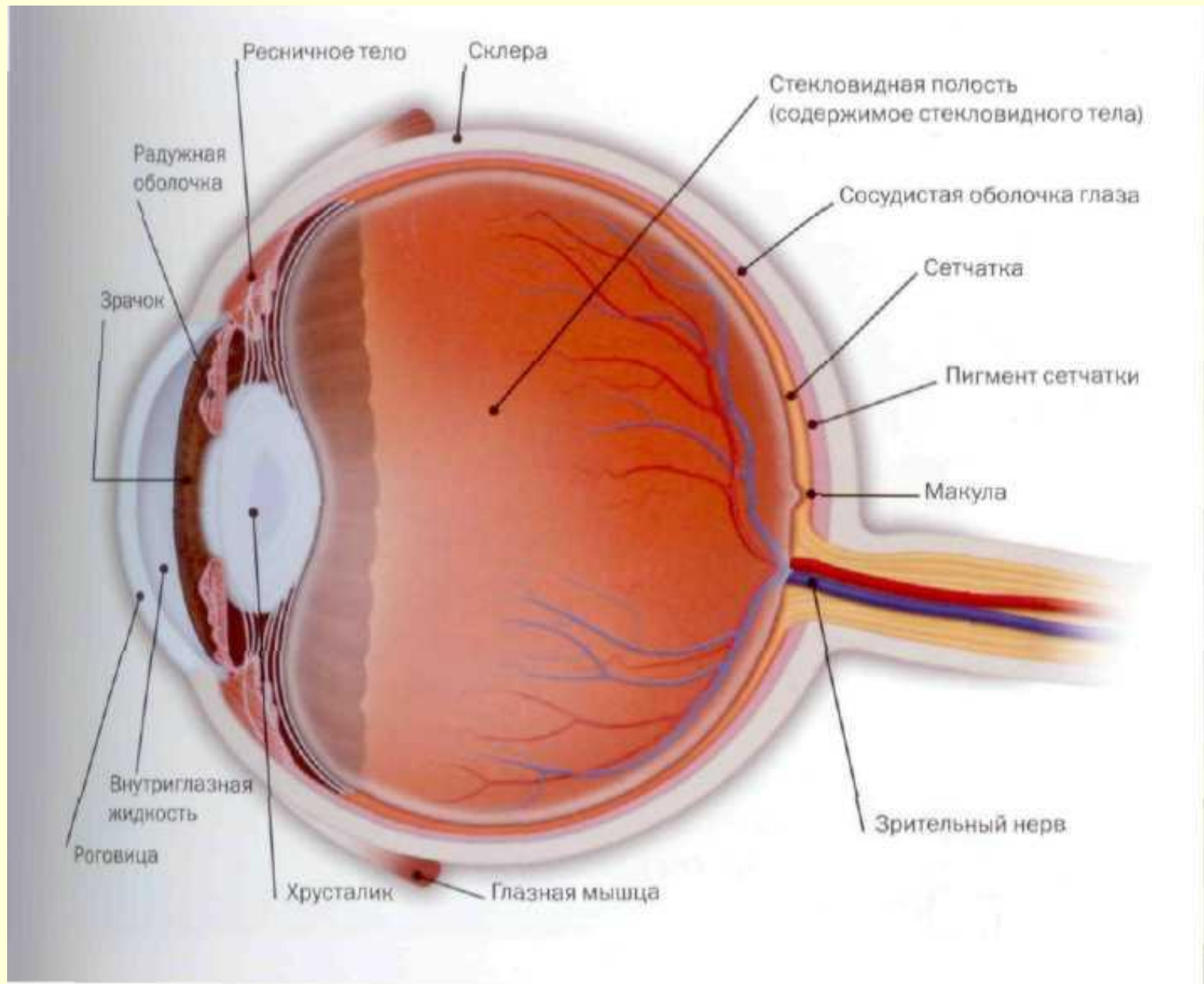
Поляризация света – упорядочение в ориентации векторов напряженностей электрического и магнитного полей световой волны в плоскости, перпендикулярной световому пучку. Естественный свет – неполяризованный.

Интерференция волн – сложение когерентных волн (одной частоты), в результате которого происходит усиление или ослабление амплитуды результирующей волны.

Дифракция света – огибание резких краев тел, нарушение прямолинейности распространения света.

Преломление света – это изменение направления распространения световой волны в неоднородной среде.

Физические основы ВИК



Физические основы ВИК

Роговица располагается на внешней стороне глаза и представляет собой прозрачную пластинку. Основная функция роговицы - фокусировать свет на сетчатке.

Склера - это белая часть глаза, которая является его оболочкой. Она защищает все внутренние слои глаза.

Конъюнктивa представляет собой тонкий слой ткани на внутренней поверхности века. Она покрывает склеру с внешней стороны глаза. В конъюнктиве содержатся клетки, выделяющие влагу. Ее главная функция - увлажнять глаз.

Радужная оболочка - цветная часть глаза - располагается между роговицей и хрусталиком. Цвет радужной оболочки определяется уровнем пигментации. В радужной оболочке голубоглазых людей пигмента меньше, чем в радужной оболочке кареглазых. Основная задача радужной оболочки - регулировать поток света, который проникает в глаз, и ограждать зрачок от проникновения лишнего света.

Зрачок - это черное пятно в центре радужной оболочки. Прежде чем попасть на сетчатку, свет проходит через зрачок. В неосвещенном помещении зрачок расширяется, что позволяет проникать в глаз большему объему света. При ярком свете зрачок сужается, препятствуя попаданию на сетчатку излишков света. При приеме лекарственных препаратов, в частности транквилизаторов, и наркотиков размер зрачка может изменяться.

Внутриглазная жидкость - это влага на внешней стороне глаза. Ее основная функция - снабжать питательными веществами роговицу и хрусталик. Непрерывно циркулируя, она перемещает продукты выделения с внутренней части глаза на внешнюю.

Хрусталик, состоящий из сотен тысяч расположенных в определенном порядке крошечных тончайших волокон (фибрилл), находится в самом центре глаза. Вместе с роговицей он отвечает за фокусировку лучей света на сетчатке. Чем старше человек, тем более мутным у него становится хрусталик и увеличивается риск развития катаракты.

Обширное пространство глаза между хрусталиком и сетчаткой называется **стекловидной полостью**. Оно наполнено прозрачным веществом - стекловидным телом - и имеет гелеобразную консистенцию. Основная задача стекловидной полости - помогать органу зрения поддерживать свою форму и обеспечивать свободный путь для света, чтобы, проходя через глаз, он фокусировался на сетчатке.

Сетчатка - важная составляющая глаза, которая поглощает и обрабатывает свет, проникающий в него. Если представить, что глаз работает как видеокамера, сетчатка будет киноплёнкой, записывающей каждое изображение, которое мы потом видим. Сетчатка содержит миллионы фоторецепторов, называемых палочками (клетки сетчатки глаза) и колбочками. Большинство фоторецепторных клеток - это палочки, которые преимущественно расположены на периферийной части сетчатки. Палочки в основном функционируют ночью, они очень важны для ночного зрения. Большинство фоторецепторных клеток в центре сетчатки (в макуле) - колбочки. Колбочки сетчатки преимущественно функционируют при ярком освещении и отвечают за восприятие цвета и остроту зрения.

Зрительный нерв, или второй черепной нерв, важная составляющая глаза, передающая сигналы от сетчатки головному мозгу, чтобы он мог интерпретировать то, что мы видим. Зрительный нерв образует больше миллиона нейритов - они передают зрительную информацию в разные отделы мозга.

Макула - центральная часть сетчатки. Этот важный участок отвечает за центральное зрение, то есть дает нам возможность четко видеть. Наиболее распространенные причины, вызывающие повреждение макулы, - возрастная дегенерация желтого пятна и отек макулы.

Центральная ямка - это маленькое углубление, расположенное в центре макулы. Оно содержит только колбочки

Физические основы ВИК

Оптические свойства глаза

Рефракция глаза – это преломляющая способность его в состоянии покоя.

Бинокулярное зрение – способность воспринимать предмет одновременно обоими глазами. Поле зрения, видимое одновременно обоими глазами, называется бинокулярным и составляет около 120° .

Аккомодация глаза – это способность глаза приспособливаться к четкому видению различно удаленных предметов (наводка на резкость). Это достигается изменением радиусов кривизны хрусталика, т.е. его преломляющей силы.

Расстояние наилучшего зрения – 250мм.

Острота зрения (разрешающая способность) – это способность глаза различать две точки отдельно друг от друга. Нормой считается способность глаза различать две точки с минимальным углом между ними в $1'$, что соответствует расстоянию между ними 0,1 мм. Острота зрения такого глаза принимается за 1,0.

Поле зрения

Поле зрения одного глаза условно можно разделить на 3 зоны:

- зона наиболее ясного видения – центральная, с полем зрения около 2° ;
- зона ясного видения – в которой различают предметы без мелких деталей, с полем зрения около 30° по горизонтали и около 22° по вертикали;
- зона периферического зрения – важна для ориентации, но детали предметов ясно не различаются ($150^\circ \times 130^\circ$).



Физические основы ВИК

Адаптация глаза – способность приспособливаться к различным условиям освещенности (20-30 минут). Бывает световая (дневная) и темновая (ночная, сумеречная). Продолжительность темновой адаптации 1-2 часа, световой 5-10 минут.

Все цвета можно делить на ахроматические (белый, черный и серый) и хроматические, отличающиеся друг от друга цветностью.

Цветоразличение – чувствительность глаза к восприятию цветовых различий.

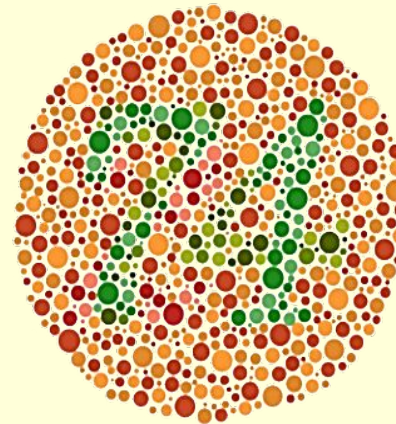
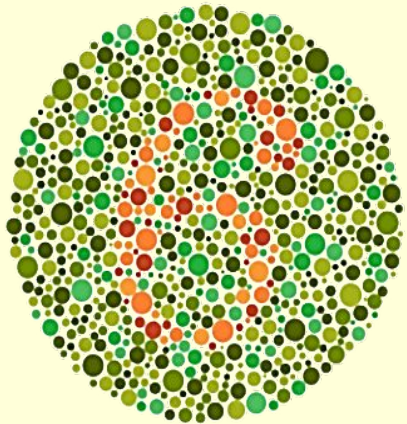
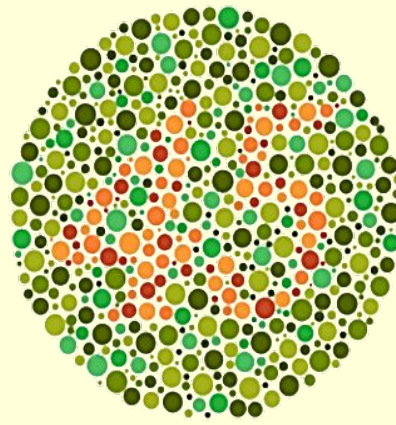
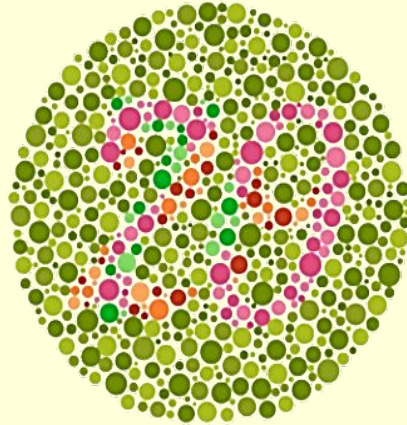
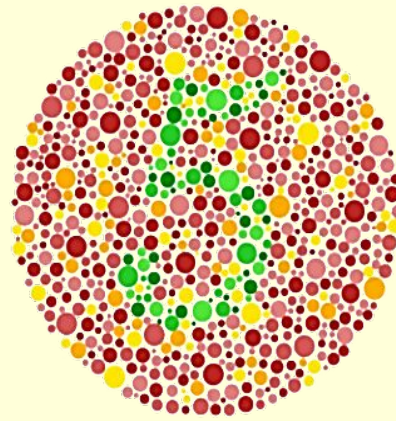
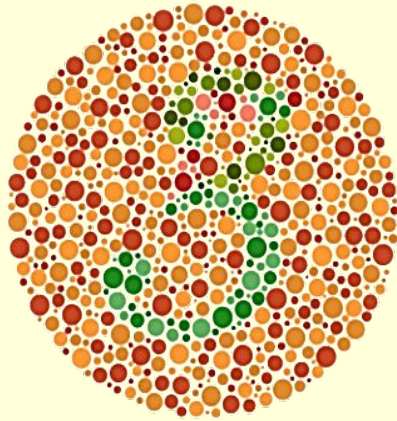
Глаз получает ощущение белого цвета, если воспринимаемое излучение имеет непрерывный спектр с распределением энергии солнечного света.

Световой порог – наименьшее значение освещенности, при котором объект становится заметен.

Цветовой порог – наименьшее значение освещенности, при котором глаз начинает различать цвета (раньше синие, позже красные).

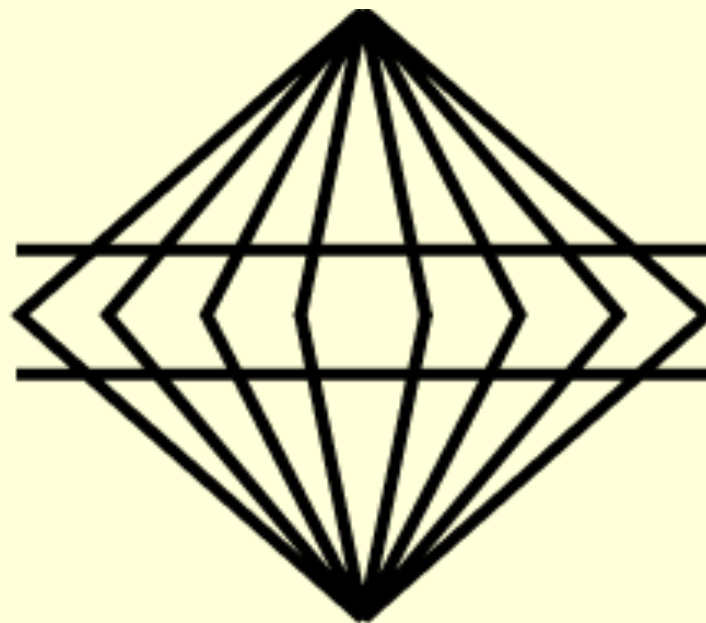
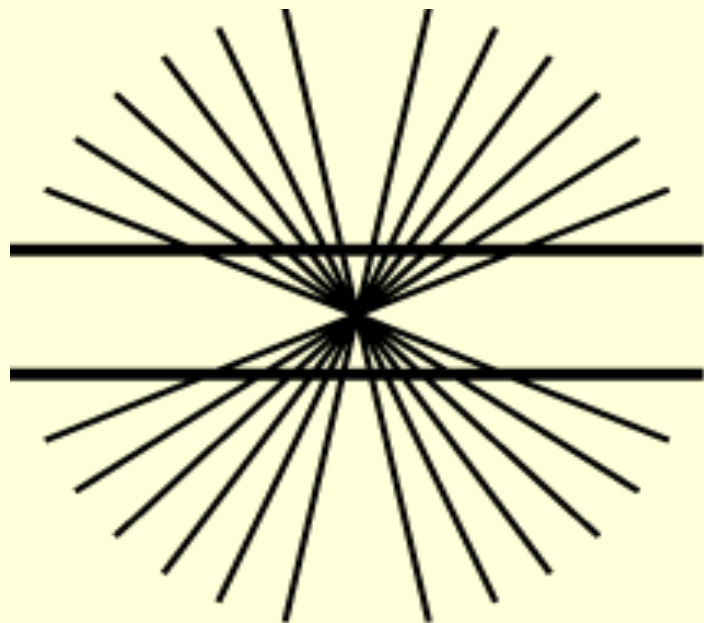
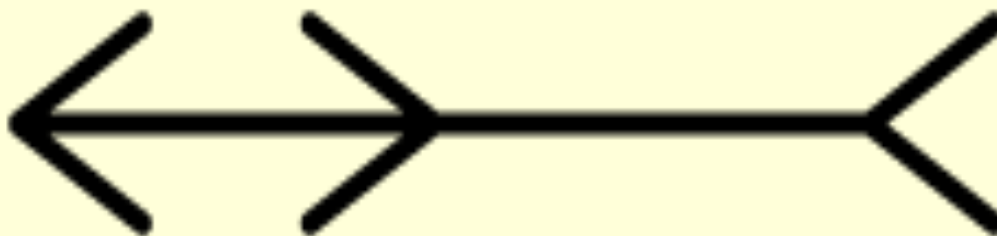
Монохромазия (отсутствие цветового зрения) - нарушение цветовосприятия.

тест Ишихары



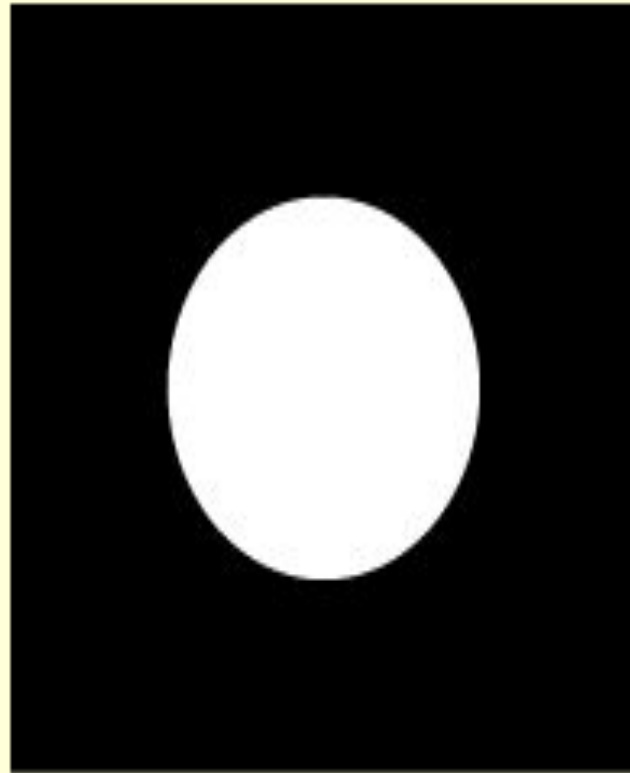
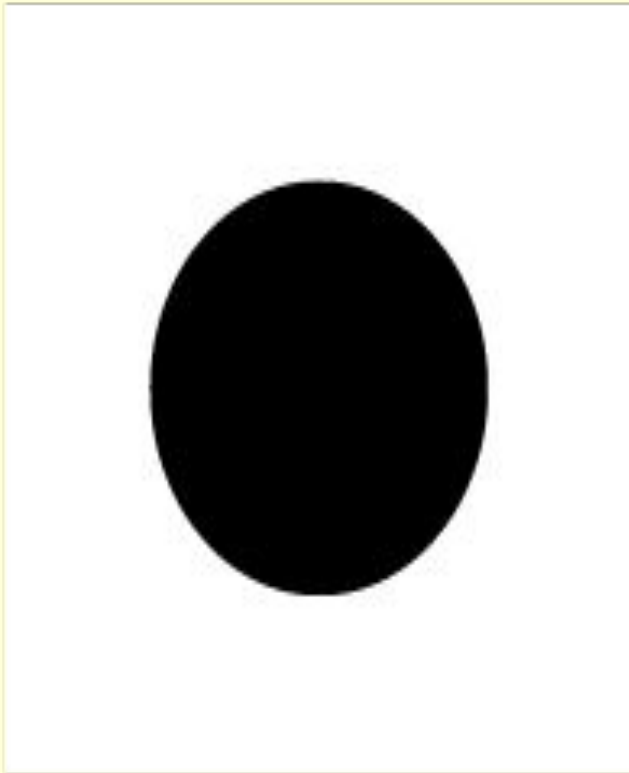
Оптические иллюзии

Оптические иллюзии – неадекватное представление о воспринимаемом объекте.



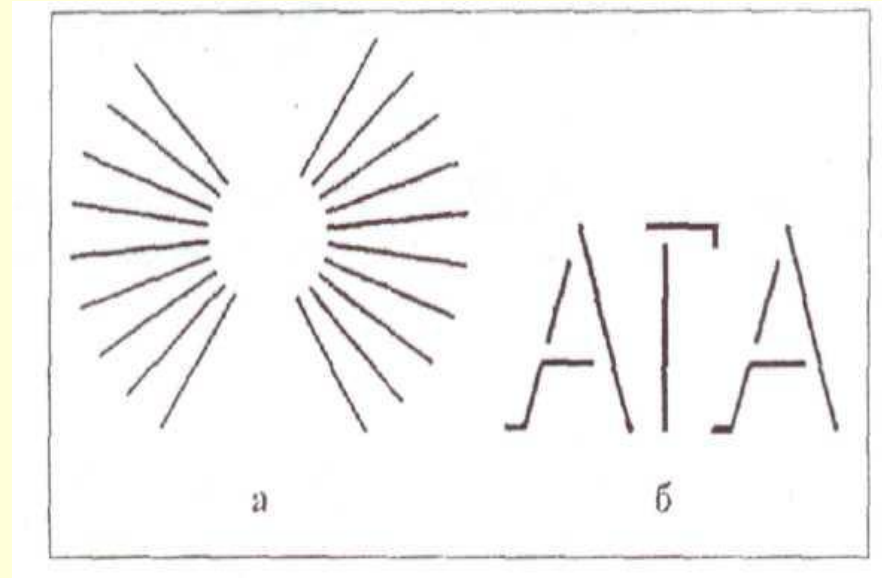
Оптические иллюзии

Иррадиация – это явление кажущегося увеличения размеров белых элементов изображения на черном фоне или, наоборот, кажущееся уменьшение размеров черных объектов на белом фоне.



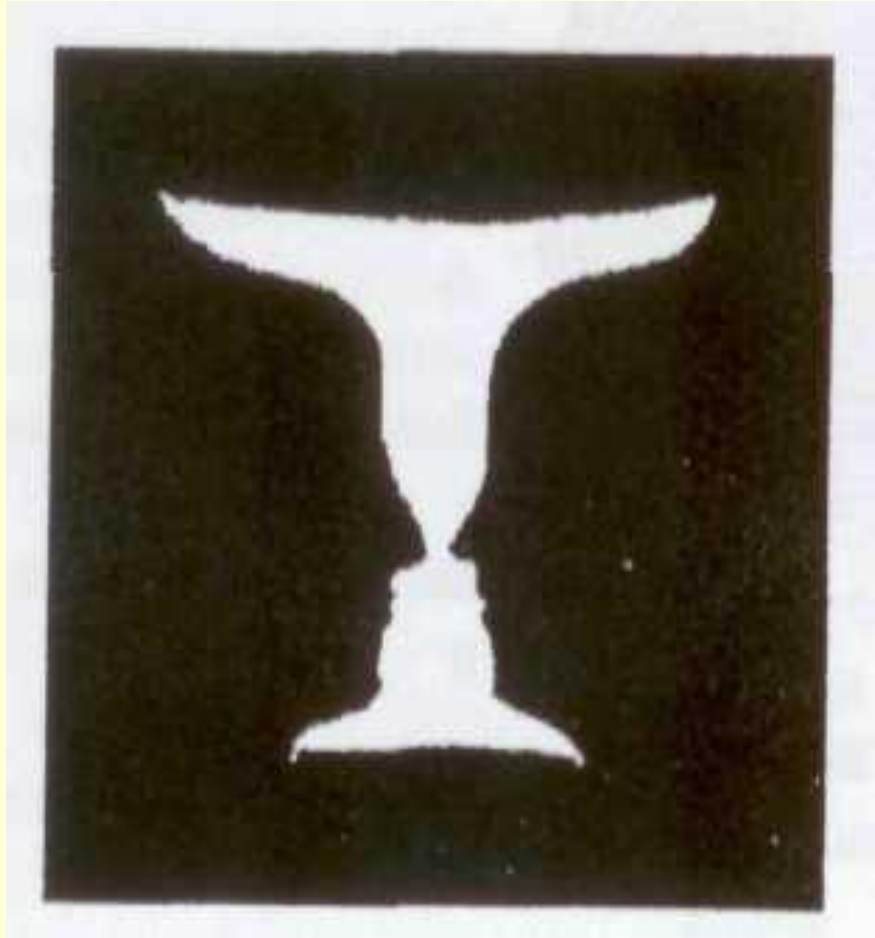
Оптические иллюзии

Дополнение (достраивание) образа



ПЕРВЫЙ ШАГ

Оптические иллюзии



Кубок и пара лиц

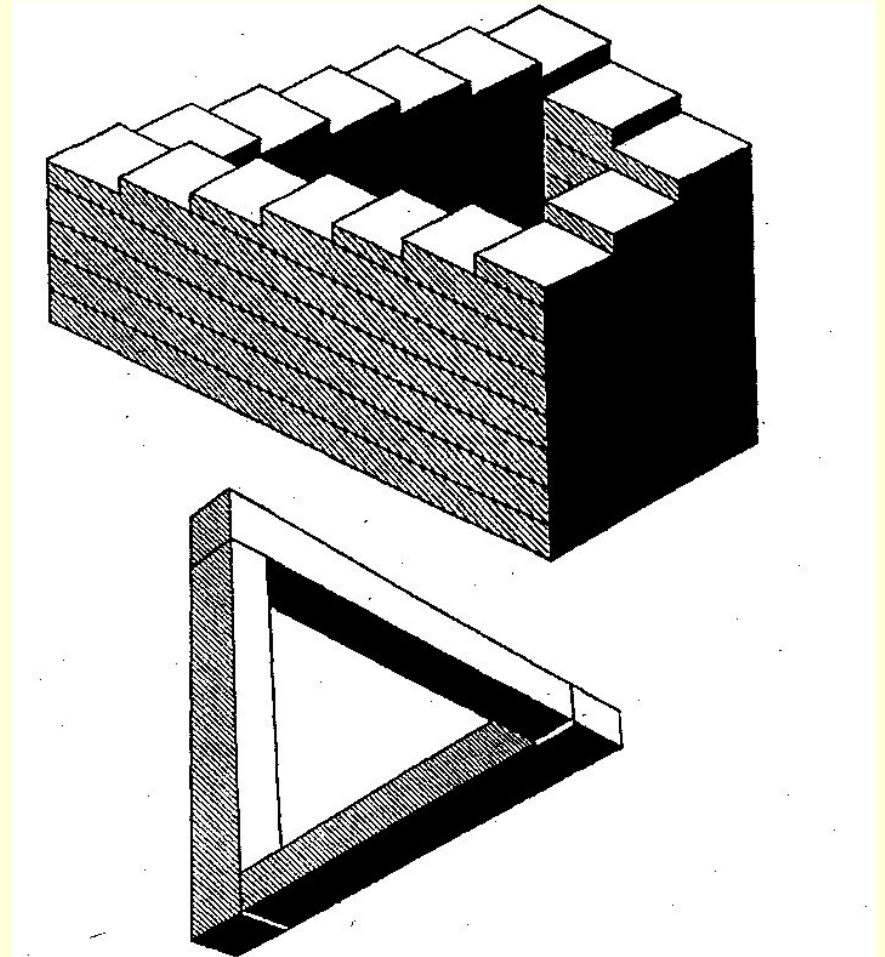
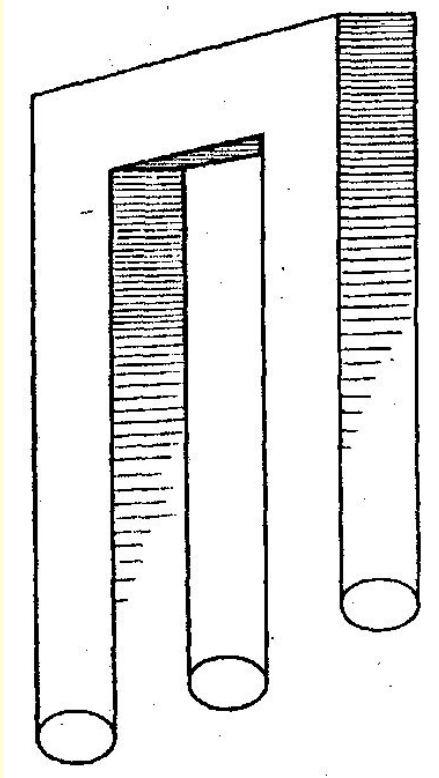
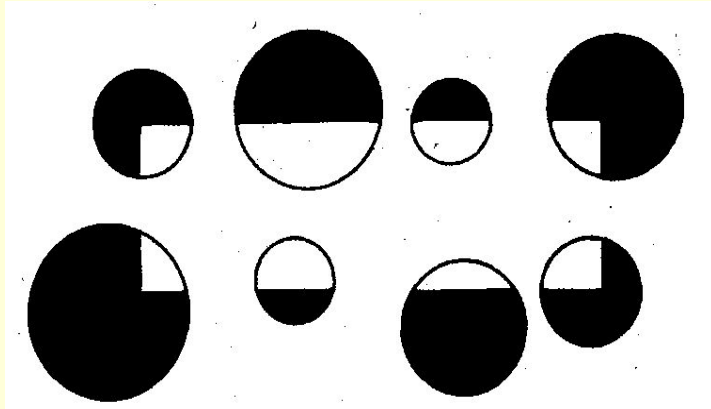


Картинка с секретом

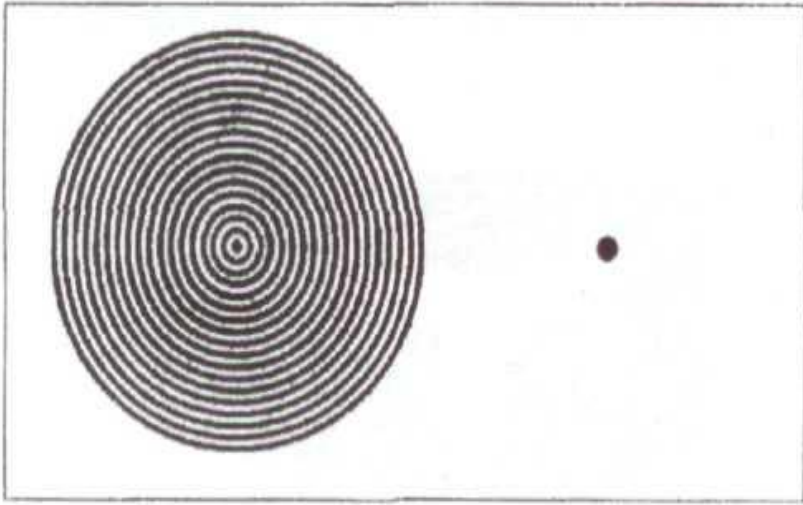
Оптические иллюзии



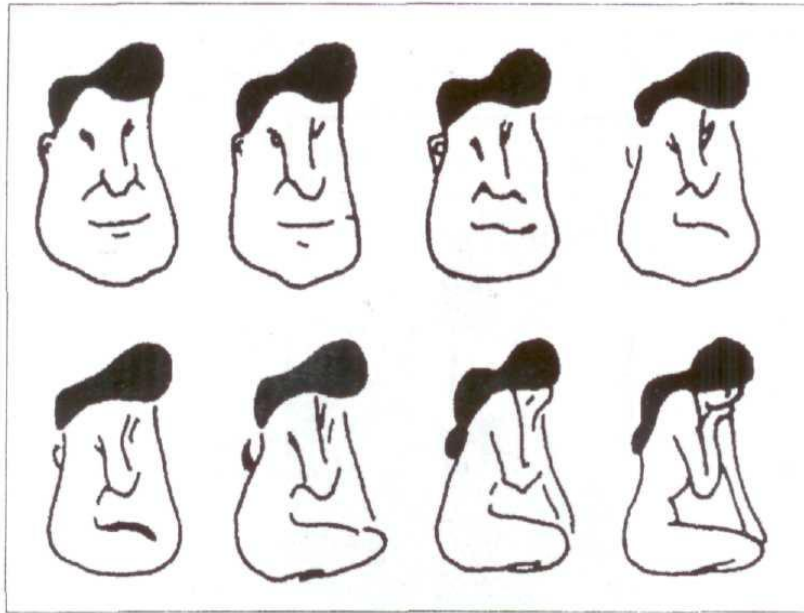
Оптические иллюзии



Оптические иллюзии

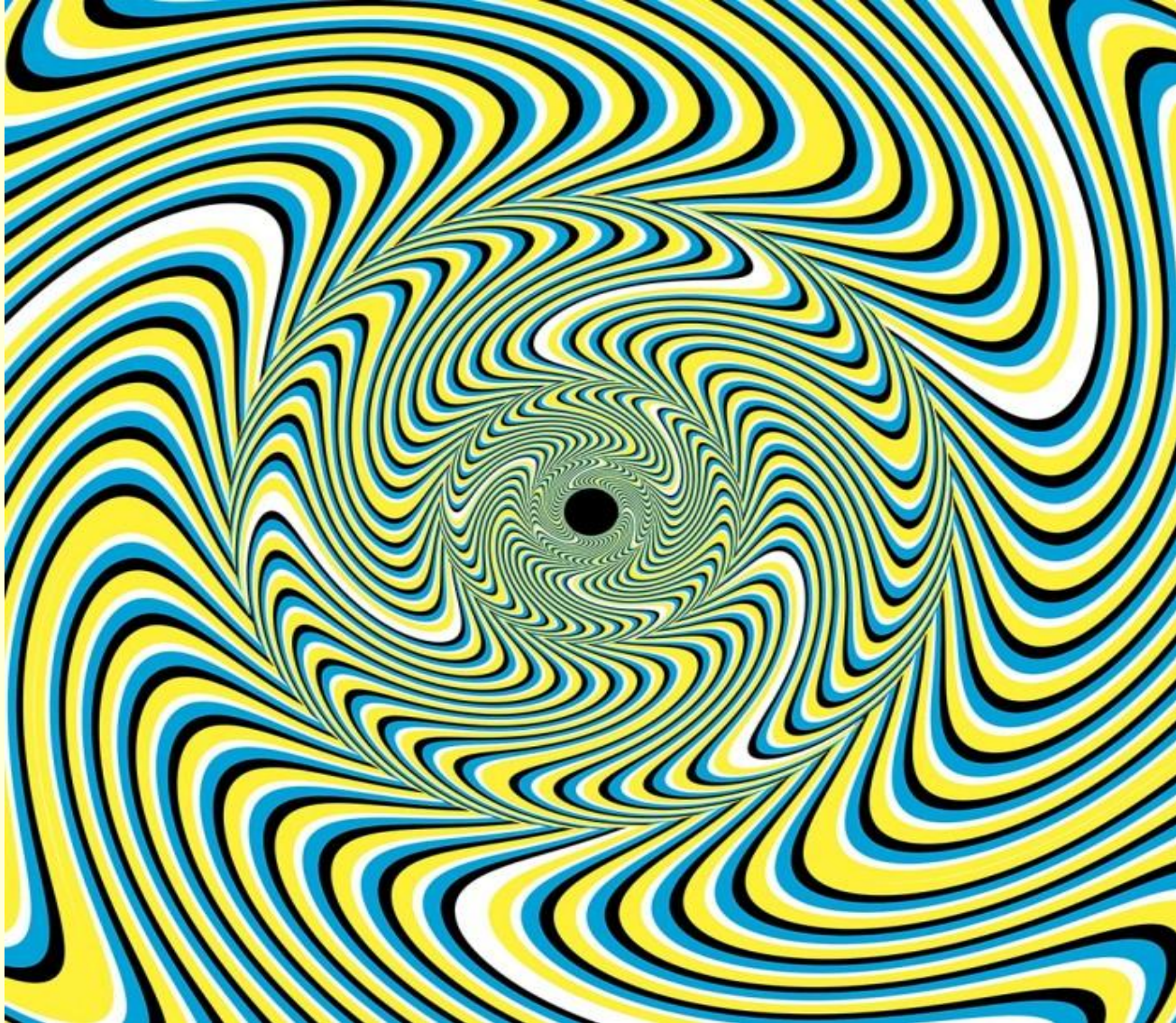


Эффект последействия

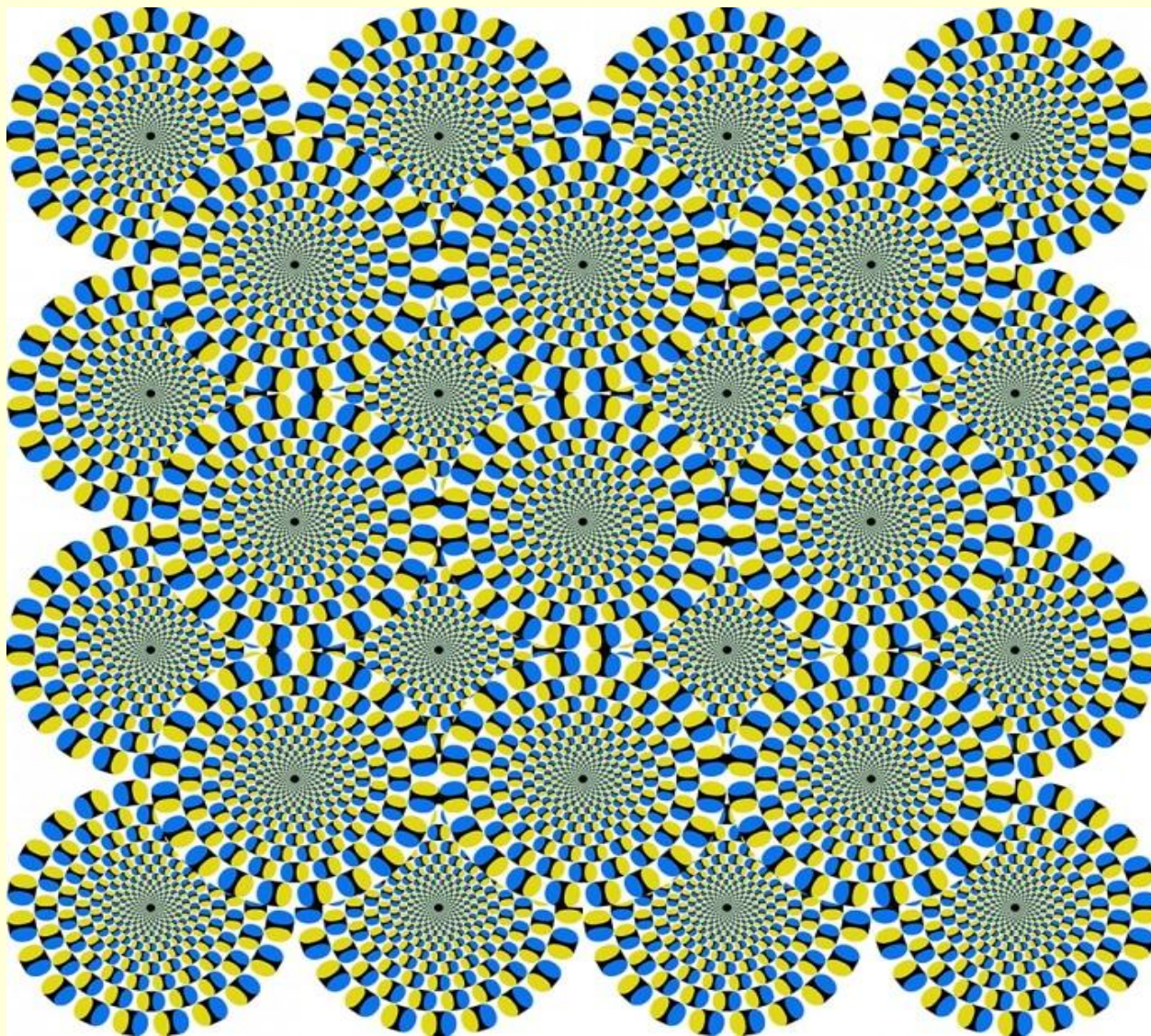


Гистерезис при
распознавании образов

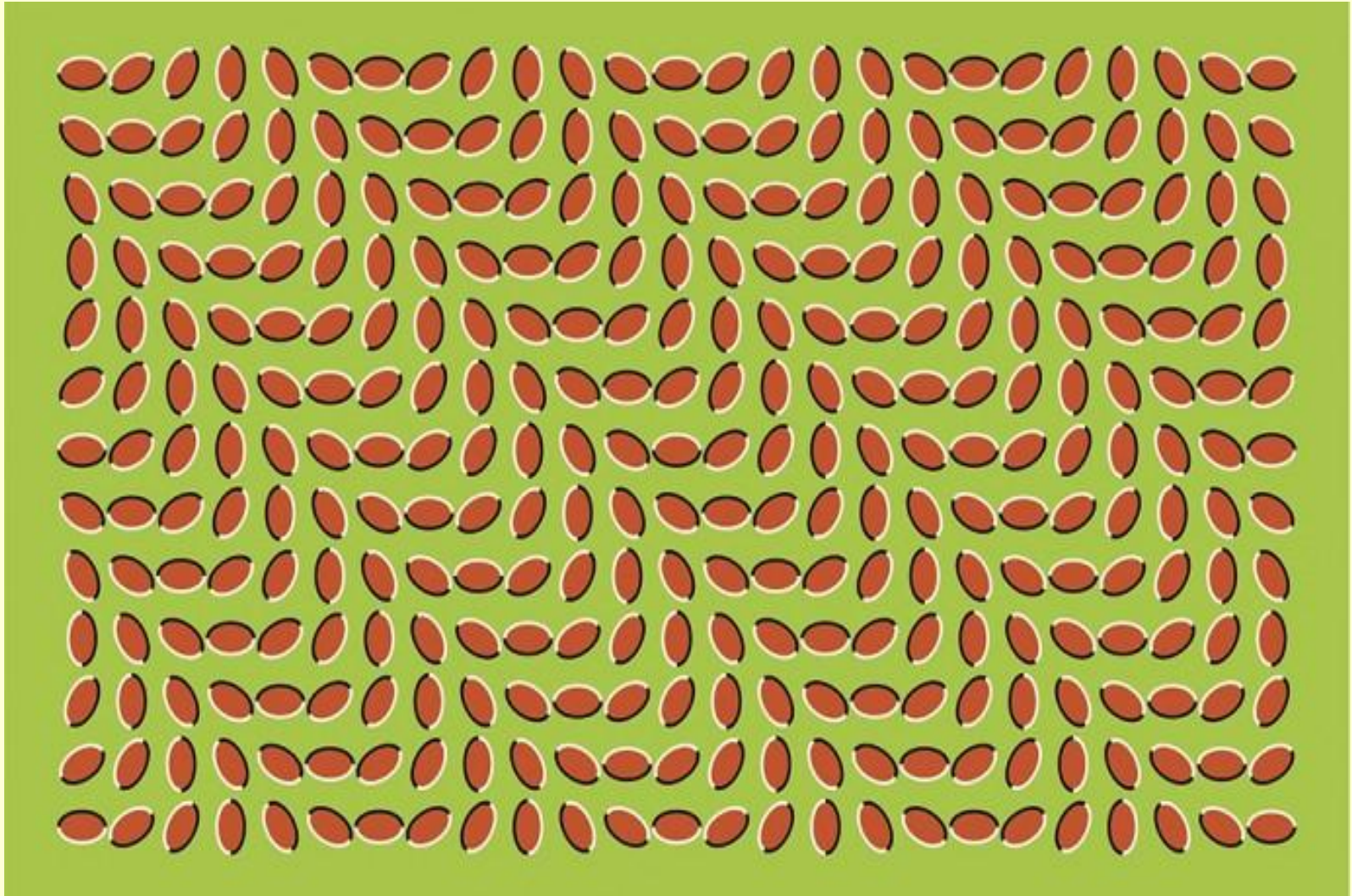
Оптические иллюзии



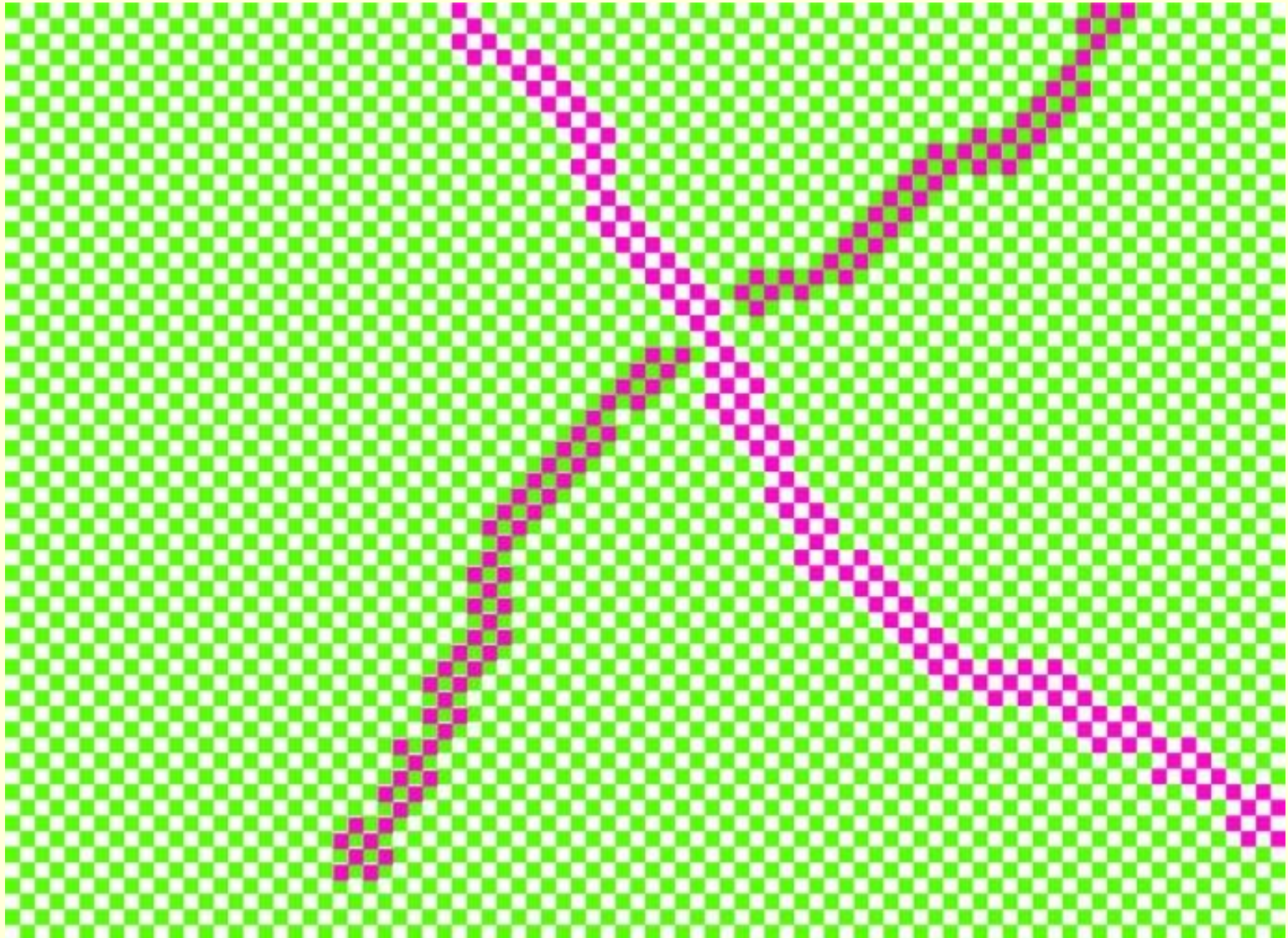
Оптические иллюзии



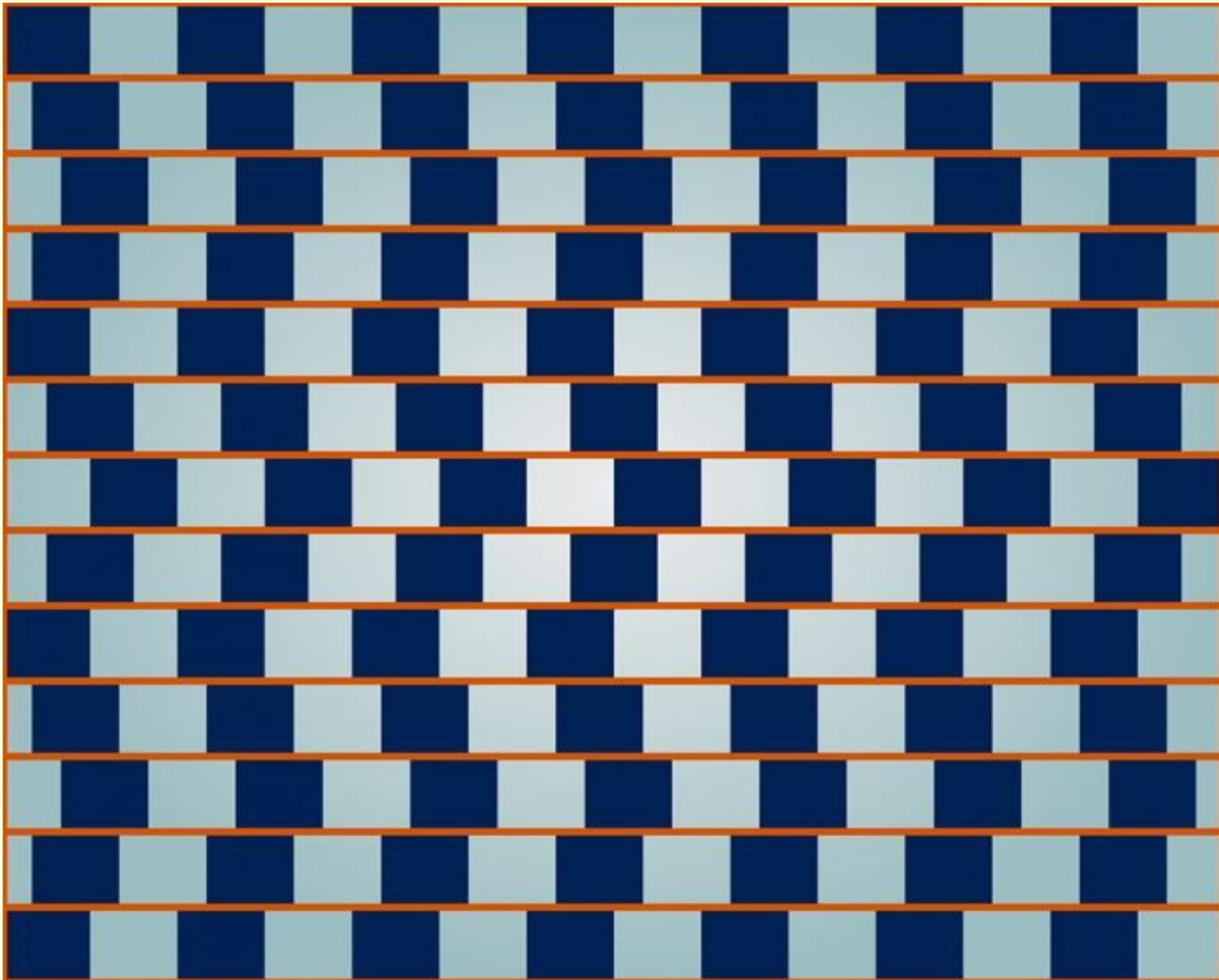
Оптические иллюзии



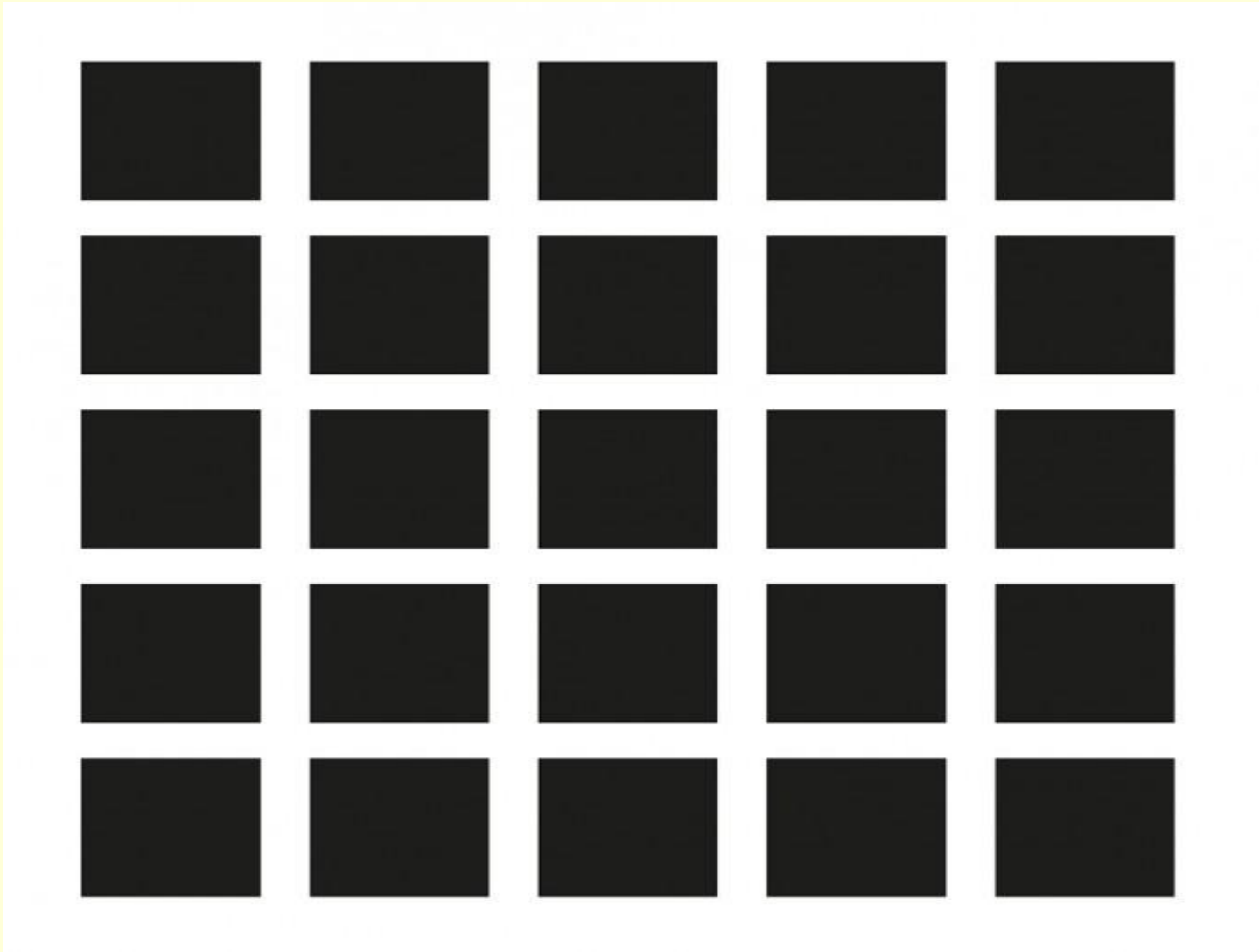
Оптические иллюзии



Оптические иллюзии



Оптические иллюзии



ДИСКОМФОРТ И УТОМЛЯЕМОСТЬ

Дискомфорт – это ощущение неудобства или напряженности, возникающее при неудовлетворительном распределении яркости в освещаемом пространстве.

Длительное пребывание в условиях, вызывающих ощущение дискомфорта, приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, может привести к зрительному и общему утомлению.

Зрительный дискомфорт и утомляемость возникают по следующим причинам:

- наличие в освещенном пространстве резких различий в яркости, неоптимальное рабочее положение;
- неудачный выбор спектра излучения источника света;
- уровень яркости рабочей поверхности.

Зрительная работоспособность – способность выполнять зрительную работу и поддерживать высокую степень мобилизации зрительных функций.

Зрительная работоспособность определяет возможность органа зрения совершать какую-либо работу за определенный промежуток времени и влияет на производительность труда и качество работы.

Интенсивная и длительная работа или воздействие неблагоприятных факторов условий труда приводит к временному снижению зрительной работоспособности, т.е. к зрительному утомлению.

ПРОФИЛАКТИКА УЛУЧШЕНИЯ ЗРЕНИЯ

Условия освещения.

- Наиболее важным из всех условий хорошего зрения является достаточное освещение.
- Яркость фона не должна быть чрезмерно высокой.
- Контраст деталей с фоном, напротив, должен быть максимальным.
- Близкие источники света, по возможности, должны быть исключены.

Условия зрения вблизи. Глаза не должны быть ни максимально напряжены, ни максимально расслаблены. Зона комфорта – на расстоянии 30-100 см (лучше 40-60 см) от глаза.

Для отдыха глаз:

- Перевод взгляда на дальнейшее расстояние является одним из самых эффективных способов релаксации глаз во время их длительной работы с близко расположенными объектами контроля.
- Эффективна также пассивная релаксация (пальминг). Надо закрыть глаза прикрыть ладонями рук, не оказывая давления.
- Моргание (каждые 3-5 секунд) и глубокое регулярное дыхание поможет сохранить зрение и повысить эффективность зрительной работы.
- Упражнения для глаз.

СОХРАНЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Действительным средством длительного сохранения работоспособности в течение рабочего дня является четкий ритм труда. Работа, выполняемая ритмично, примерно на 20% менее утомительна, чем неритмичная. Важное средство борьбы с переутомлением – рациональная смена труда и отдыха или организация в строго определенное время рабочего дня кратковременных перерывов с производственной гимнастикой, состоящей из специальных упражнений для глаз.

Предупреждению утомления способствуют устранение излишней зрительной работы, рациональная организация рабочего места, правильная рабочая поза, тренировка.

Специалисты, осуществляющие визуальный и измерительный контроль не должны иметь противопоказаний по состоянию здоровья.

Приказом Минздравсоцразвития России № 302н от 12 апреля 2011 г. утвержден Временный Перечень производственных факторов, при работе с которыми обязательны предварительные и периодические осмотры работников, медицинских противопоказаний, а также врачей-специалистов, участвующих в проведении этих осмотров.

Специалист по ВИК один раз в год должен проходить осмотр терапевта и офтальмолога.

Физические основы ВИК

Светотехника

Источником оптического излучения называют устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение.

Тепловой источник света	Излучение возникает при нагревании тел	Спектр излучения сплошной, имеет максимум. Мощность зависит от температуры. Лампы накаливания – вольфрамовая спираль нагревается электрическим током до 3000К.
Люминесцентный источник света	Преобразует внутреннюю энергию (кроме тепловой) в электромагнитное излучение видимого диапазона	Катодо- (бомбардировка мишени заряженными частицами), фото- (воздействие эл. магнитного поля), хеми- (протекание химических реакций), электро- (воздействие электрического разряда). Газоразрядные лампы низкого давления, высокого и сверхвысокого давления, полупроводниковые светодиоды.
Источник когерентного света (лазер)	Мощное когерентное и монохроматическое излучение	Неестественное для глаз человека. Контроль фазовых неоднородностей.

Физические основы ВИК

Световой прибор (СП) – устройство, содержащее источник света и светотехническую аппаратуру.

Предназначен для освещения или световой сигнализации, защиты источника света, обеспечивает его крепление и подключение к источнику питания.

Главные признаки СП:

- основная светотехническая функция (для освещения, для световой сигнализации);
- характер светораспределения (светильники, прожекторы, проекторы);
- условия эксплуатации (для помещений, открытых пространств, экстремальных сред);
- основное назначение (общее, местное, комбинированное освещение).

Светильник – это СП, перераспределяющий свет лампы внутри больших телесных углов (до 4π). Используется для освещения относительно близко расположенных объектов.








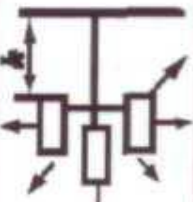









Прожектор – СП, перераспределяющий свет лампы внутри малых телесных углов.

Проектор – СП, перераспределяющий свет лампы с концентрацией светового потока на поверхности малого размера или в малом объеме.

Дополнительные признаки СП:

- возможность перемещения при эксплуатации (стационарные, переносные, передвижные);
- способ установки (см. рис.)

Классификация световых приборов (СП) по способу установки

Подвесные СП	Настенные СП	Потолочные СП	ОПОРНЫЕ СП			
			Настольные	Напольные	Венчающие	Консольные
		 $h \leq 0,1 \text{ м}$				
	Встраиваемые СП	Пристраиваемые СП				
 $h > 0,1 \text{ м}$						
Ручные СП		Головные СП		На стойке		На магистральном остовлении
		—				
						

Оптические системы

Оптической системой называют совокупность оптических деталей (линз, призм, зеркал и т.д.) предназначенную для решения задач наблюдения и измерения.

По положению предмета и его изображения оптические системы делят на следующие типы:

- микроскоп (предмет находится на конечном расстоянии, а изображение – в бесконечности);
- телескопическая система (предмет и его изображение находятся в бесконечности);
- объектив (предмет расположен в бесконечности, а изображение – на конечном расстоянии);
- проекционная система (предмет и его изображение расположены на конечном расстоянии от оптической системы).

Микроскопы.



Микроскоп, как и лупа предназначен для наблюдения близко расположенных предметов.

Его применяют для выявления и измерения поверхностных несплошностей.

Оптическая схема его состоит из двух частей: объектива и окуляра.

Объектив создает увеличенное изображение, которое рассматривается через окуляр.

Объективы современных микроскопов имеют увеличение от 1 до 120^{\times} .

В зависимости от круга решаемых задач микроскопы могут быть:

- учебными,
- рабочими,
- лабораторными,
- исследовательскими,
- универсальными.

Телескопические системы.



При визуальном контроле далеко расположенных поверхностей широко используют телескопические системы.

Эти системы параллельный пучок излучения, поступающий в их входной зрачок, преобразуют в параллельный, более узкий пучок излучения, выходящий через выходной зрачок системы.

В телескопических системах все предметы кажутся приближенными к наблюдателю.

Разрешающая способность телескопической системы определяется разрешающей способностью объектива.

Использование бинокулярных телескопических труб уменьшает утомление глаз и облегчает глубинное восприятие.

Фотообъектив.

Фотографическим объективом называется оптическая система, образующая действительное изображение удаленных предметов в плоскости, удаленной от него на конечное расстояние (на фото и киноплёнке и т.д.).

Объектив – это наиболее важная часть любого оптического прибора и от его свойств зависит качество изображения.

Фокусное расстояние фотообъектива определяет масштаб изображения, длину системы и ее светосилу.

Фотоэкспозиция – это величина, равная произведению освещенности фотопленки на время экспонирования.

Проекционная система.



Оптические приборы, предназначенные для получения на экране изображений (проекций) предмета, называют *проекционными*.

Оптические системы проекционных приборов состоят из двух частей – осветительной и проекционной (объектив). Они согласованы между собой.

В зависимости от характера проецируемых предметов оптические системы проекционных приборов и получаемые проекции разделяют на два вида: эпископические и диаскопические.

Эпископической проекцией называется проекция непрозрачного предмета, образованная лучами света, отраженными от предмета (в отраженном свете).

Диаскопической проекцией называется проекция, образованная лучами света, проходящими сквозь предмет.

Оптические системы, обеспечивающие получение проекций обоих видов, называются эпидиаскопическими.

Физические основы ВИК

Плоским зеркалом называют оптическую деталь с плоской отражающей поверхностью, предназначенную для изменения оси оптической системы.

Комбинация таких зеркал может обеспечить также поворот изображения. Для обеспечения четкости изображения все зеркальные поверхности должны быть совершенно плоскими. Для зеркальных покрытий, наносимых на стекло, используют в основном серебро, алюминий и хром. Отражающая способность зеркала – около 95%.

Сферическим зеркалом называют оптическую деталь, сферическая поверхность которой является отражательной.

Линзой называется оптическая деталь, ограниченная преломляющими поверхностями.

По оптическим свойствам линзы делят на две основные группы:

- положительные (собирающие);
- отрицательные (рассеивающие).

Линзы отличаются одна от другой расстоянием центров образующих их сферических поверхностей, радиусами и показателями преломления вещества, из которого они сделаны.

Величина оптической силы линзы определяется фокусным расстоянием, которое зависит от кривизны преломляющих поверхностей, показателя преломления и толщины линзы.

Двоковыпуклая линза с большой кривизной поверхностей имеет меньшее фокусное расстояние и большую оптическую силу.

Физические основы ВИК

Лупой называется оптическая система, состоящая из линзы или системы из нескольких линз, предназначенная для наблюдения предметов, расположенных на конечном расстоянии.

К основным характеристикам лупы относят:

- видимое увеличение Γ ,
- линейное поле $2y$ в пространстве предметов,
- рабочее расстояние f_1 .

Видимым увеличением лупы называется отношение тангенса угла, под которым виден предмет через лупу, к тангенсу угла, под которым наблюдается предмет невооруженным глазом, т.е.

$$\Gamma = \operatorname{tg} \omega_1 / \operatorname{tg} \omega, \quad \text{где } \operatorname{tg} \omega_1 = y / f_1, \quad \operatorname{tg} \omega = y / 250$$

Таким образом, увеличение Γ лупы определяется отношением $\Gamma = 250/f_1$, где

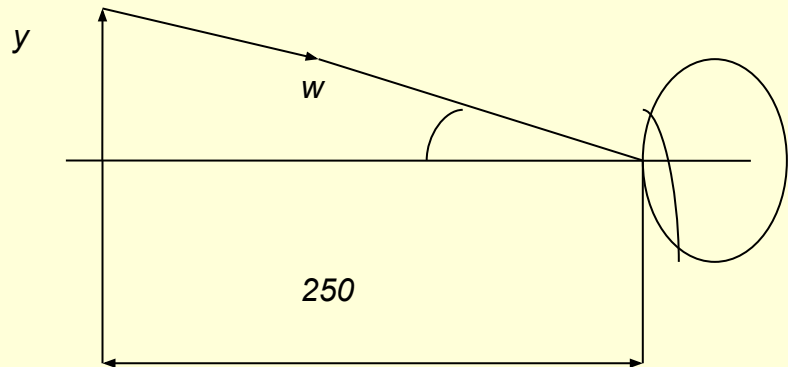
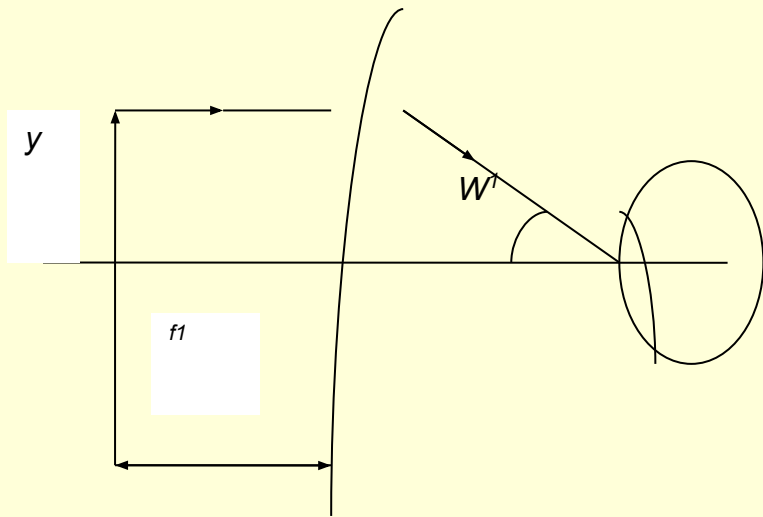
f_1 - заднее фокусное расстояние, а 250 – расстояние наилучшего зрения.

Увеличение лупы Γ – это отношение размера мнимого изображения к размеру объекта.

Физические основы ВИК

Линейное поле $2y$ оптической системы - наибольший размер изображения, расположенного на конечном расстоянии.

Рабочее расстояние f_1 - это расстояние предмета от поверхности линзы.



Физические основы ВИК

Чем больше увеличение лупы, тем меньше ее фокусное и рабочее расстояние.

Поэтому для контроля больших поверхностей сначала надо использовать лупу с небольшим увеличением и выявить подозрительные места, а затем исследовать их лупой с большим увеличением.

Лупу надо держать параллельно поверхности контролируемого объекта и как можно ближе к глазу, чтобы воспринимать наибольшее количество отраженного от объекта света.

Промышленность выпускает лупы общего назначения различных типов и конструкций:

- складные,
- карманные,
- измерительные,
- лупы с ручкой и т.д.

Срок службы луп:

- с оптикой из стекла – 10 лет,
- с пластмассовой оптикой – 4 года.

ЛУПЫ



Физические основы ВИК

В оптических системах происходит абберация (искажение).

Она бывает:

- сферическая,
- хроматическая.

Сферическая абберация – вместо резкого изображения точки получается кружок рассеяния (искажение изображения).

Хроматическая абберация – разложение излучения на составляющие (цветное обрамление).

Для устранения абберации лупы с достаточно большим увеличением должны быть составными (из нескольких линз разных марок стекол).

Для ВИК высокое увеличение часто неэффективно, т.к.

- сокращается рабочее расстояние;
- объект рассматривают одним глазом, что приводит к усталости оператора;
- увеличивается длительность контроля;
- трудно оценить пространственные соотношения контролируемой поверхности.

Физические основы ВИК

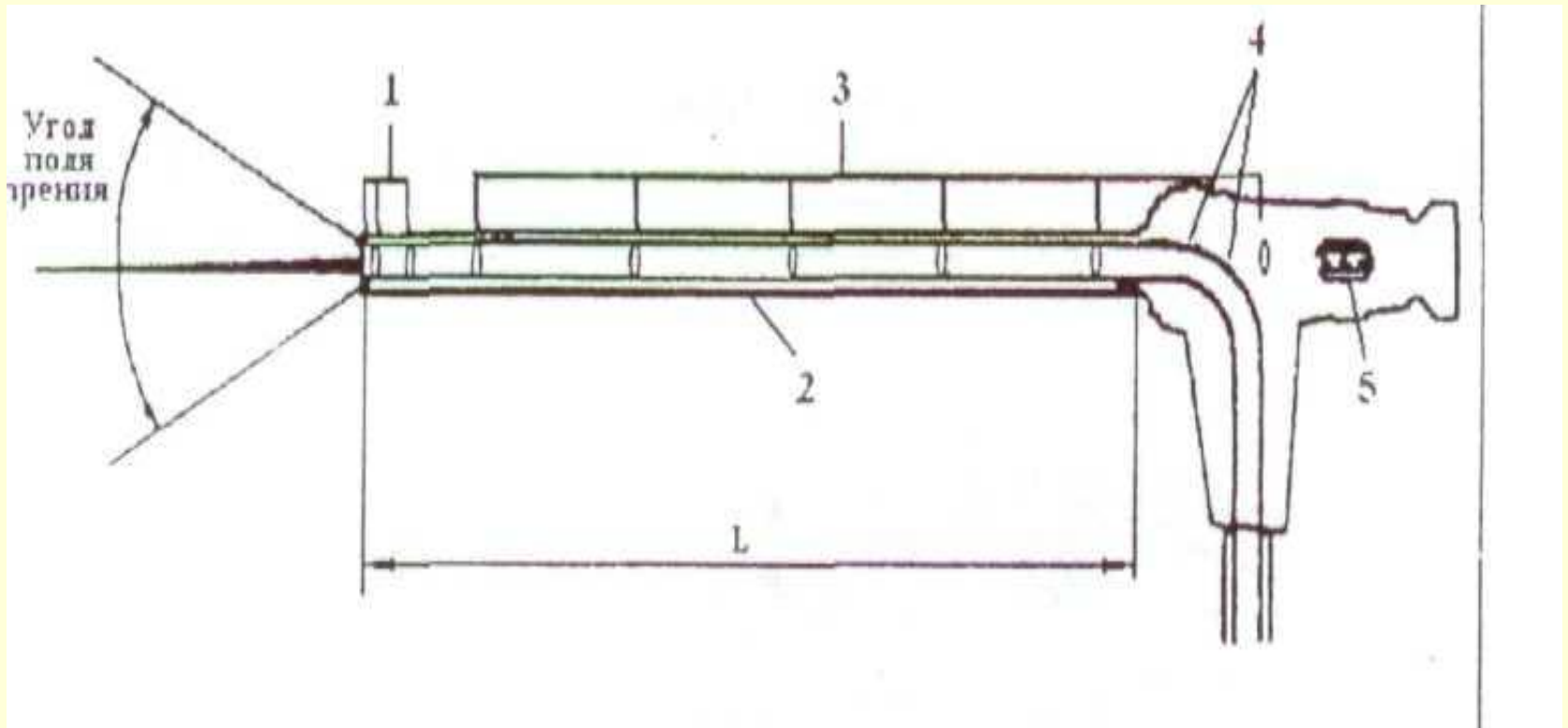
Эндоскопы – это смотровые приборы, построенные на базе волоконной или линзовой оптики, позволяющие проводить контроль внутри закрытого пространства на значительную глубину (до 30 м).

Существует 5 типов эндоскопов:

- 1 – прямонаправленный обзор (прямое наблюдение);
- 2 – косоприцеленный вперед обзор (наклонное вперед на угол 25 и 45°);
- 3 – боковой обзор (боковой контроль с углом визирования 90°);
- 4 – ретроспективный обзор (наблюдение назад);
- 5 – панорамный обзор (обзор по всей окружности).

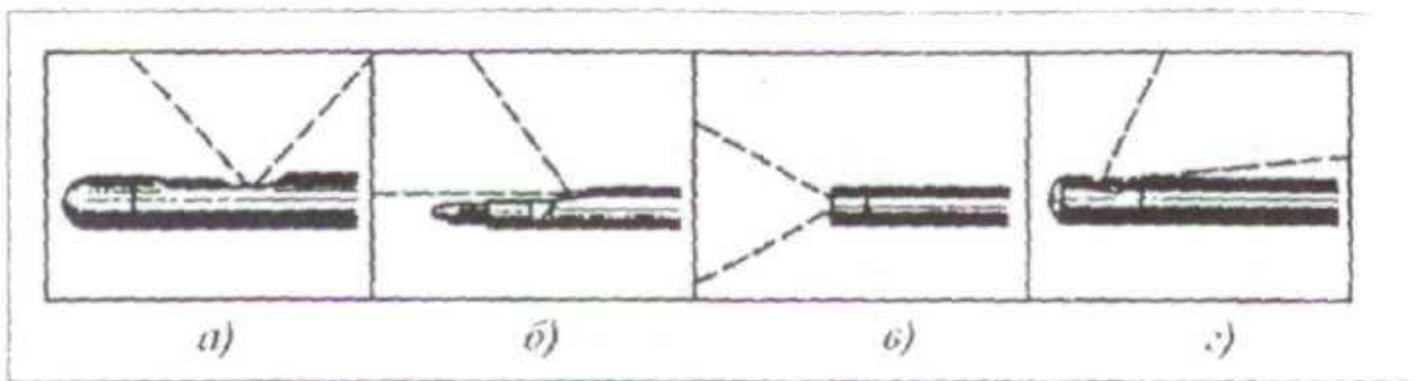
Существуют линзовые, волоконно-оптические и комбинированные эндоскопы.

Линзовый эндоскоп

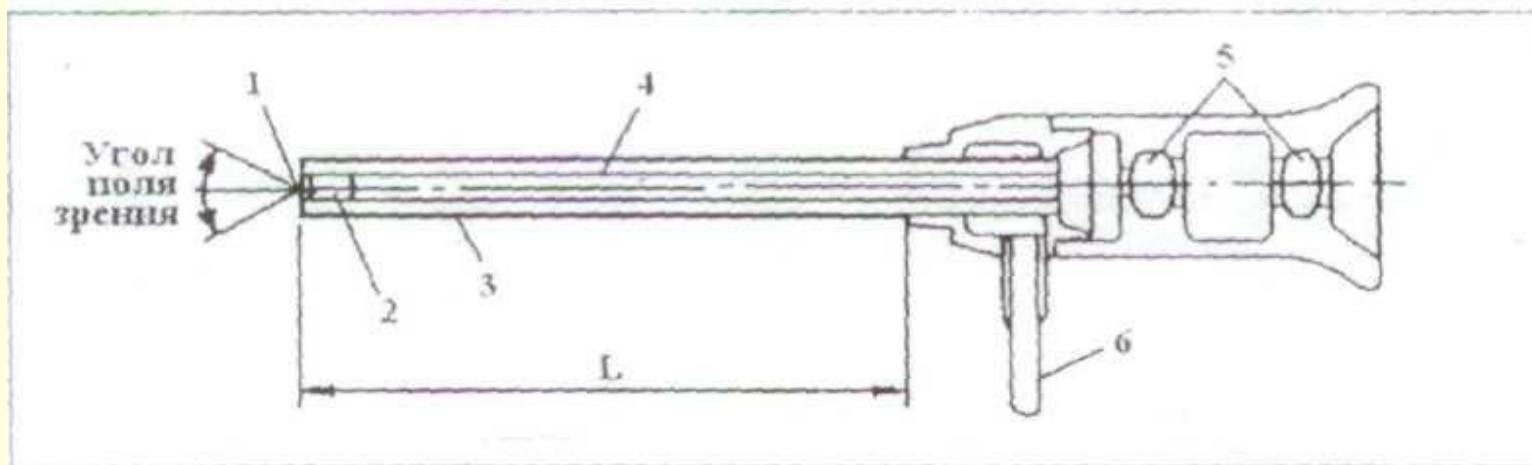


Структурная схема линзового (жесткого) эндоскопа: 1 - объектив; 2 - металлическая трубка; 3 - система оборачивающих линз; 4 - световод, передающий световую энергию от источника в металлическую трубку для освещения ОК; 5 - окуляр.

Типы эндоскопов

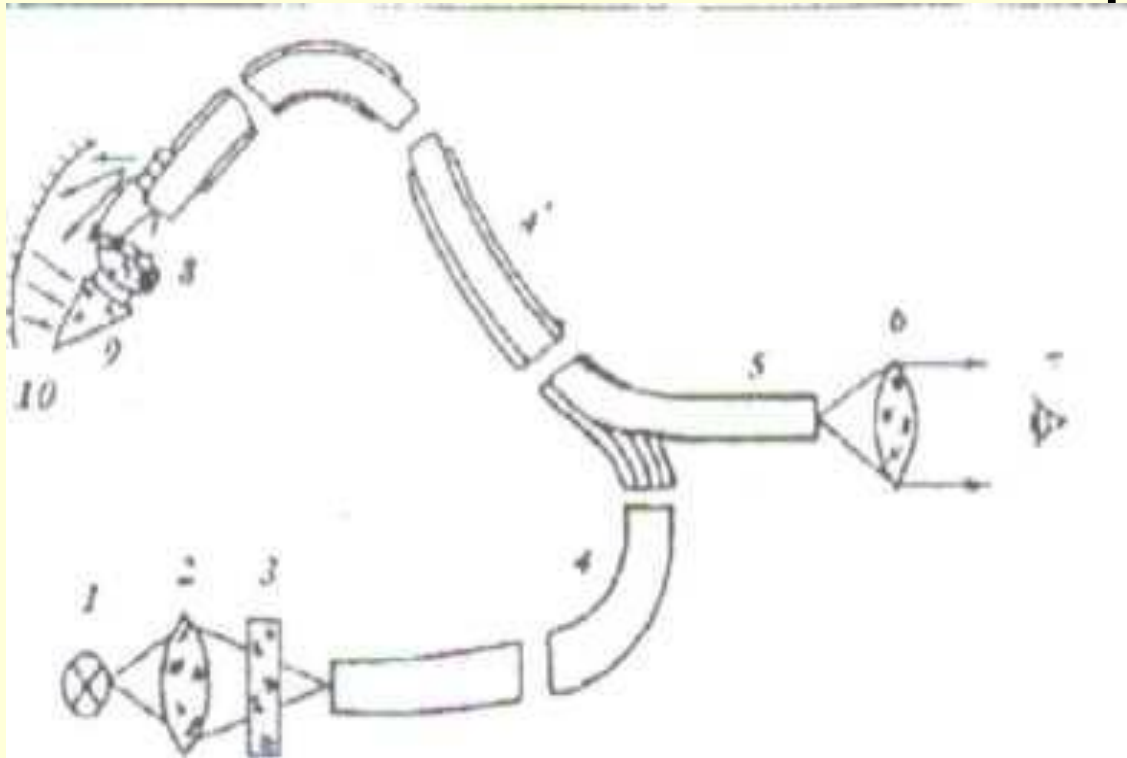


Типы направления визирования эндоскопов: а - боковой; б - косоприцельный; в - прямонаправленный; г - ретроспективный



Структурная схема минибороскопа: 1 - защитное стекло; 2 - широкоугольный объектив из селфока (твердое волокно); 3 - трубка из нержавеющей стали; 4 - стержневая линза из селфока; 5 - окуляр; 6 - световод для освещения ОК.

Волоконно-оптический эндоскоп



Оптическая схема гибкого волоконно-оптического эндоскопа (фиброскопа):

- 1 - источник света;
- 2 - конденсор;
- 3 - тепловой фильтр;
- 4 - внешний осветительный световод;
- 5 - информационный световод для передачи изображений;
- 6 - окуляр;
- 7 - система регистрации и/или анализа изображений (глаз, фотокамера; передающая телевизионная трубка);
- 8 - дистальная часть эндоскопа;
- 9 - оптический адаптер (призма);
- 10 - поверхность ОК.

Волоконно-оптический эндоскоп

Волоконные световоды представляют собой набор тонких стеклянных светопроводящих волокон диаметром 9-30 мкм, собранных в жгут.

Каждый элементарный световод покрыт снаружи тонким слоем стекла с более низким показателем преломления.

На границе «волокно – покрытие» происходит полное внутреннее отражение света, входящего в основное волокно.

В целом волоконные световоды пока уступают по качеству изображения линзовым системам.



Их преимущества:

- позволяют передавать изображение без искажения при изгибе по криволинейному профилю;
- высокая световая эффективность световодов;
- источник света располагается вне прибора, что позволяет исключить нагрев изделия.

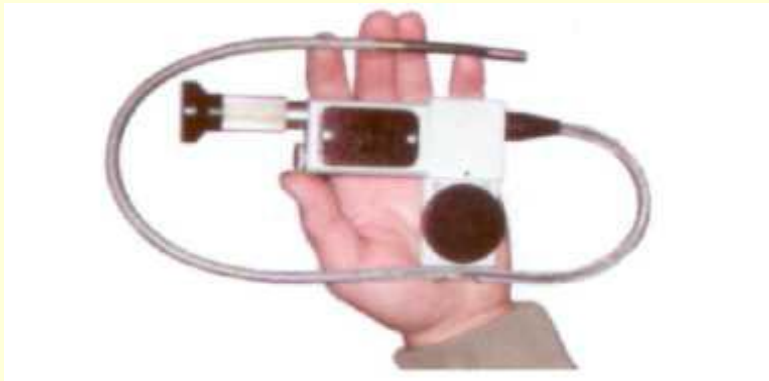
Физические основы ВИК

Использование в эндоскопах холодных источников света высокой яркости открыло безопасный метод контроля поверхностей в полостях, содержащих взрывчатые материалы, жидкости или газы, а также обеспечило качественное фотографирование, киносъемку и телевизионную передачу изображения указанных поверхностей.

Эффективные методы жидкого и газового охлаждения позволяют использовать эндоскопы в горячих местах ядерных реакторов, ракетных установок и металлургических печах при температуре до 2000°C .

При контроле внутренних поверхностей атомных реакторов без разборки с целью обнаружения волосовых трещин, коррозии и других дефектов:

- используют оптические элементы из специальных сортов стекла, не темнеющего под высокой лучевой нагрузкой;
- используют приборы со значительным удалением окуляра от исследуемого загрузочного канала;
- приборы способны работать при значительных тепловых нагрузках, т.е. сразу после выключения реактора.



- Волоконно-оптический эндоскоп «Кобра» выпускается в течение 15 лет и постоянно совершенствуется. Он сочетает в себе такие качества, как:
 - мобильность,
 - прочность корпуса,
 - морозостойкость,
 - возможность регулирования светового потока,
 - управления эндоскопом одной рукой.
- Волоконно-оптический эндоскоп «Томь» - это компактность, удобство в управлении и широта функциональных возможностей.
- Видеоэндоскоп «Каскад» вобрал в себя последние достижения в части управления эндоскопом и регистрации изображения, обеспечивающие высокую информативность визуального контроля.



- Видеоэндоскоп «Питон» предназначен для визуального контроля полых протяженных объектов.

Работа эндоскопа в автономном режиме в течение продолжительного времени, высокая разрешающая способность, возможность проникновения к удаленным и трудно-доступным участкам осматриваемых зон и радиопередача изображения делают его незаменимым при технической диагностике крупных производственных объектов.

- Проблемы эксплуатации оборудования, работающего с агрессивными опасными средами, могут быть сняты применением видеоэндоскопа «Питон-ГД», выполненного из нержавеющей стали и фторопласта. Обладая всеми качествами видеоэндоскопа «Питон» в обычном исполнении, беспроводной и гибкий «Питон-ГД» имеет такое полезное свойство, как герметичность, что обеспечивает его дезактивацию



Физические основы ВИК

Агрегатные комплексы дистанционного визуального контроля (АКДВК) широко используются в тех ситуациях, когда вредное излучение, температура или химическая среда представляют опасность для здоровья визуального контролера или когда конфигурация ОК не позволяет непосредственно его контролировать. В состав АКДВК обычно входят: промышленная телевизионная установка (телевизионная система), световой прибор и системы позиционирования и транспортировки.

Телевизионная система. Совокупность оптических, электронных и радиотехнических устройств, служащих для передачи изображения с поверхности ОК на некоторое расстояние, образует телевизионную систему. В системе протекают следующие физические процессы: световое излучение, генерируемое световым прибором и отраженное от поверхности ОК, воздействует на первичный преобразователь, в котором оно преобразуется в электрические сигналы, передаваемые затем по каналу связи.

Во вторичном преобразователе принятые электрические сигналы преобразуются в световое изображение, непосредственно воспринимаемое глазом человека.

Первичные преобразователи - передающие телевизионные трубки (типа *видикон*, *суперортикон*) и передающие *твердотельные матрицы*. Каналом связи служат кабельные линии с электронными и радиотехническими устройствами. В качестве вторичных преобразователей используют главным образом электронно-лучевые приемные трубки (*кинескопы*).

Физические основы ВИК

Основной принцип передачи изображения – поэлементная передача значений интенсивностей светового излучения, отраженного от ОК, осуществляемая путем развертки пространственно-временного поля ОК на передающей стороне и свертки изображения на приемной стороне. Развертка изображения производится электронным пучком или последовательным считыванием зарядов с твердотельной матрицы. Пучок имеет круглое сечение, его диаметр называют *апертурой пучка*. На приемной стороне синтез изображения осуществляется электронным пучком с меньшей апертурой.

Передающие телевизионные трубки по способу получения электрического изображения в них делят на две группы.

Первый способ, названный *фотоэмиссией*, заключается в том, что один из элементов трубки (мишень - полупрозрачный проводящий фотокатод) при фокусировке на него света, отраженного от ОК, испускает электроны. Такие трубки называются *суперортиконами*.

Второй способ называется *фотопроводимостью*. Трубки, использующие явление фотопроводимости, называются *видиконами*. Видиконы в основном используются в промышленном телевидении. *Принцип работы*: используется внутренний фотоэффект. Сканирующий пучок медленных электронов фокусируется и отклоняется однородным полем. Мишень в видиконе – фотопроводящий изолятор. На сканируемой поверхности генерируются положительные заряды, которые нейтрализуются сканирующим пучком.

Физические основы ВИК

Видиконы выпускаются с двумя основными типами мишеней: 1) с омическим контактом; 2) с сигнальной пластиной и запирающим контактом.

При использовании запирающего контакта сигнал пропорционален интенсивности света; темновые токи и время "фотоответа" мишени чрезвычайно малы.

При применении омического контакта выходной сигнал примерно на постоянное значение меньше, но пропорционален интенсивности света, и темновые токи оказываются того же порядка, что и видеосигнал. Кроме того, трубки с омическими контактами обладают сравнительно большей инерционностью, чем трубки с запирающим контактом.

Появление приборов с зарядовой связью (ПЗС) позволило создать **твердотельную передающую трубку** (вместо вакуумной).

ПЗС-приборы, чувствительные к внешнему световому потоку, называются фоточувствительными ПЗС (ФПЗС). Они обладают жестким растром-привязкой элемента разложения изображения в фотоячейке, отсутствием геометрических искажений, безынерционностью, высокой механической прочностью, низким питающим напряжением, взрывобезопасностью, но уступают вакуумным кадровым приемникам в разрешающей способности.

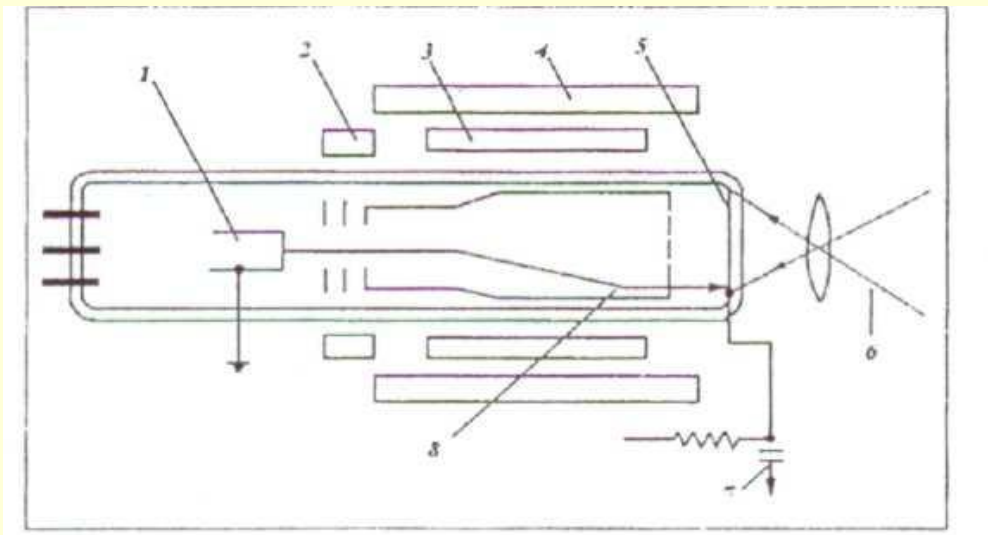


Схема видеоконформера:

- 1 - электронная пушка;
- 2 - корректирующая катушка;
- 3 - отклоняющее ярмо;
- 4 - фокусирующая катушка;
- 5 - фотопроводящая мишень;
- 6 - излучение от источника изображения;
- 7 - вывод видеосигнала;
- 8 - сканирующий пучок.

Виды измерений

Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Единством измерений называется состояние измерений, при которых их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью.

Процесс измерения характеризуется с одной стороны, восприятием и отображением физической величины, а с другой – нормированием, т.е. присвоением ей определенного числового значения (размера).

Измерения, по способу получения результатов, разделяются на:

- прямые,
- косвенные,
- абсолютные,
- относительные.

Прямое – измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенное – измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Абсолютное – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и использовании значений физических констант.

Относительное – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Погрешности измерений

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешность подразделяют на несколько групп:

1. Систематическая – остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины (причины – отклонение от нормальной температуры измерения; измерения прибором, у которого указатель смещен относительно нулевой отметки).

Систематическая погрешность делится на:

Инструментальная – зависящая от погрешностей применяемых средств измерений (причины – несовершенство кинематической схемы прибора; отклонения размеров формы и расположения поверхностей деталей прибора; износ прибора при эксплуатации).

Методическая – происходящая от несовершенства метода измерений (причины – невыполнение нормальных условий измерения; неправильная установка прибора; применение приближенных расчетных формул; ошибочные методики измерения).

Субъективная – обусловленная индивидуальными особенностями наблюдателя, производящего измерения (причины – недостаточно точное считывание показаний прибора; ошибки при оценке на глаз долей деления шкалы; разная реакция органов чувств на сигналы).

Если систематическая ошибка является определяющей, то достаточно 3 измерений.

Погрешности измерений

2. Случайная – изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины (причины – округление при считывании показаний прибора; вариации показаний прибора).

Если случайная ошибка является определяющей, то достаточно 10 измерений.

3. Промехи – это ошибки, появляющиеся в результате систематической невнимательности оператора. Их следует исключать.

4. Допускаемая погрешность измерения – это предельное значение погрешности измерения, которое может быть допущено при определении действительного размера. Она нормируется государственными стандартами.

По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на 3 класса:

- *эталонные* и специальные максимально возможной точности;
- *контрольно-проверочные*, выполняемые государственными и заводскими измерительными лабораториями;
- *технические* – выполняемые в процессе производства на предприятии.

Средства измерений

СИ – это техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

При выборе СИ пользуются ***метрологическими показателями***.

К основным показателям относятся:

1. **цена деления шкалы** – разность значения величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерения;
2. **диапазон измерений** – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средств измерений;
3. **допустимая погрешность** измерительного средства – наибольшая погрешность средства измерений, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению;
4. **пределы измерения** – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений;
5. **нормальные условия** – условия применения средств измерений, при которых влияющие величины имеют нормальные значения или находятся в пределах нормальной области значений.

Классификация СИ

Мера – СИ, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (пример, плоскопараллельные концевые меры длины, угловые меры).

Измерительный прибор – СИ, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем (пример, линейки, рулетки, штангенинструменты и т.д.).

Измерительный преобразователь – СИ, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (пример, индуктивный преобразователь измерительного прибора).

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенная в одном месте (пример, установка для проверки плоскопараллельных концевых мер длины).

Измерительная система – совокупность СИ, соединенных между собой каналами связи, предназначенными для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления (пример, трехкоординатная измерительная машина).

Параметры СИ

Номинальное значение меры – значение величины, указанное на мере или приписанное ей.

Действительное значение меры – действительное значение величины, по счетному устройству СИ, либо полученное счетом последовательных отметок или сигналов.

Показания прибора – значение величины, определяемое по счетному устройству и выраженное в принятых единицах этой величины.

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности СИ.

Предел измерений – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений.

Чувствительность измерительного прибора – отношение изменения сигнала на выходе прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Погрешности СИ

Абсолютная – разность между номинальным значением x_n и истинным значением x :

$$\Delta x = x_n - x.$$

Относительная – отношение абсолютной погрешности к истинному значению (%):

$$\delta = (\pm \Delta x / x_n) \times 100.$$

Приведенная – отношение погрешности к нормирующему значению x_N (значение верхнего предела измерений, длина шкалы):

$$\Delta_{пр} = (\Delta x / x_N) \times 100.$$

Основная - погрешность СИ, используемого в нормальных условиях.

Дополнительная – погрешность, вызванная отклонением от нормальных условий измерений.

Предельно допустимая – наибольшая (без учета знака) погрешность СИ, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению.

Измерение размеров

Размер – это числовое значение линейной величины в выбранных единицах измерения.

Действительный размер – размер, установленный непосредственно измерением с допускаемой погрешностью.

Номинальный размер – размер, который служит началом отсчета отклонения и относительно которого определяются предельные размеры.

Предельные размеры – два предельно допустимых значения размера, между которыми должно находиться или которым может быть равно годное значение размера.

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями размера.

Поле допуска – это зона, ограниченная наибольшим и наименьшим допустимыми значениями размера.

СИ для линейных измерений

Плоскопараллельные концевые меры длины – это мера, изготовленная в виде бруска прямоугольного сечения с двумя плоскими взаимнопараллельными измерительными поверхностями. С их помощью воспроизводят единицы длины, проверяют и градуируют измерительные инструменты и приборы, выполняют разметочные работы.

Концевые меры длины – это меры, имеющие установленные для целей измерения расстояния между измерительными поверхностями.

Концевые меры выпускают в виде:

- отдельных концевых мер различной длины;
- наборов концевых мер различных классов точности;
- по специальному заказу.



СИ для линейных измерений

Штриховые меры длины – измерительные линейки и рулетки.

Измерительные металлические линейки (ГОСТ 427):

- изготавливают длиной 150, 300, 500, 1000 (мм) с ценой деления 1,0 мм;
- предел допускаемой погрешности длины всей шкалы и расстояний между любыми штрихами составляет $\pm 0,2$ мм;
- практическая погрешность измерений составляет (0,5 – 0,6)мм.

Измерительные металлические рулетки (ГОСТ 7502) могут быть длиной от 1 до 100 м.

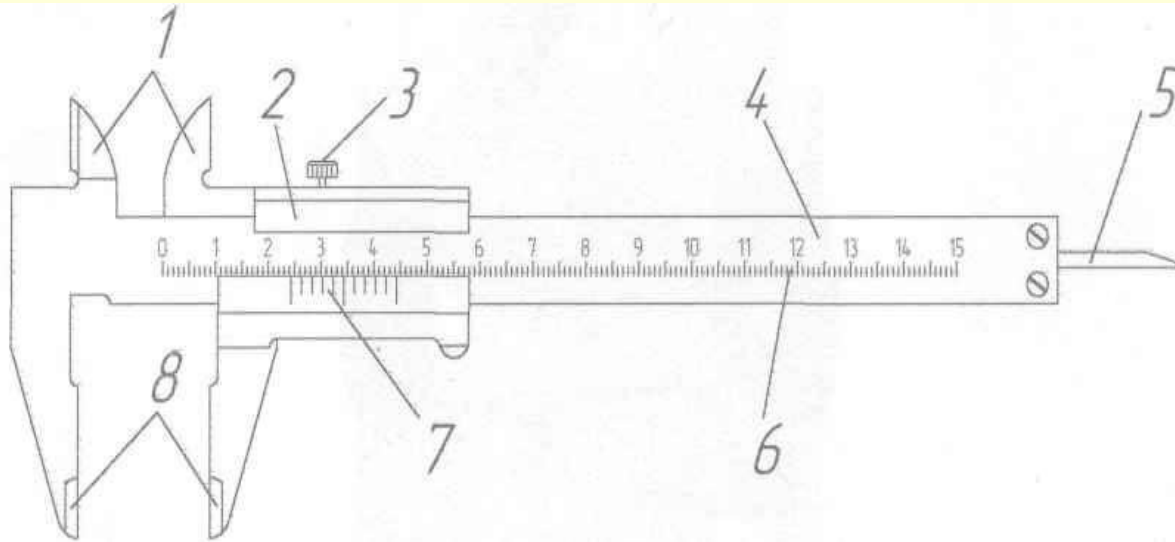
СИ для линейных измерений

Штангенинструменты – это измерительные инструменты с линейным нониусом:

- штангенциркули (ГОСТ 166),
- штангенрейсмасы (ГОСТ 164),
- штангенглубиномеры (ГОСТ 162).

Нониус – это вспомогательная шкала с небольшим числом интервалов.

Штангенциркули со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм предназначены для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм.

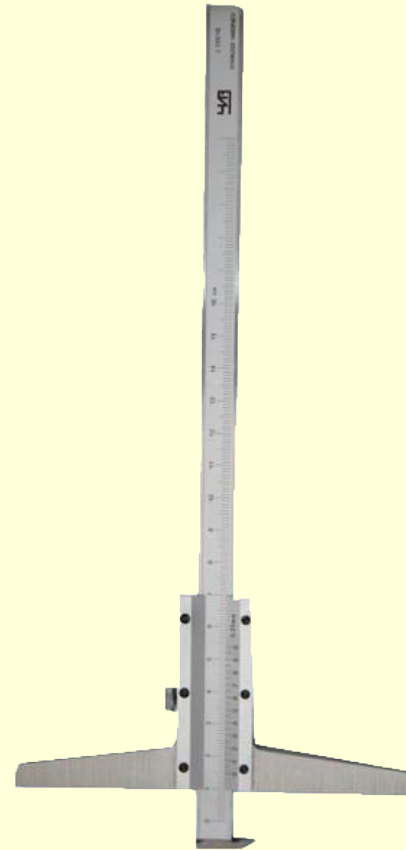
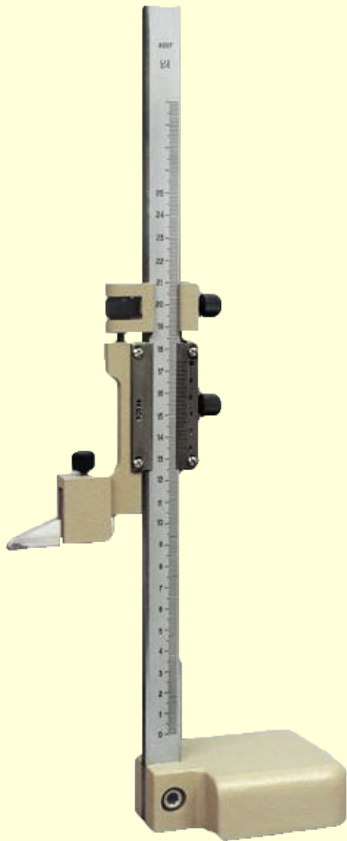


- 1 – губки для внутренних измерений;
- 2 – подвижная рамка;
- 3 – винт для зажима рамки;
- 4 – штанга;
- 5 – линейка глубиномера;
- 6 – шкала штанги;
- 7 – нониус;
- 8 – губки для наружных измерений.

СИ для линейных измерений

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высот и разметочных работ. Их изготавливают со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм и пределами измерений от 0-250 до 1500-2500 мм.

Штангенглубиномеры предназначены для измерения выступов, глубин отверстий и пазов.



СИ для линейных измерений

Микрометрические приборы – это микрометры с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 6507), рычажные микрометры (ГОСТ 4381), настольные микрометры (ГОСТ 10388), глубиномеры микрометрические (ГОСТ 7470), нутромеры микрометрические (ГОСТ 10).

Микрометрические инструменты предназначены для наружных измерений, внутренних измерений, измерений глубины пазов, отверстий.

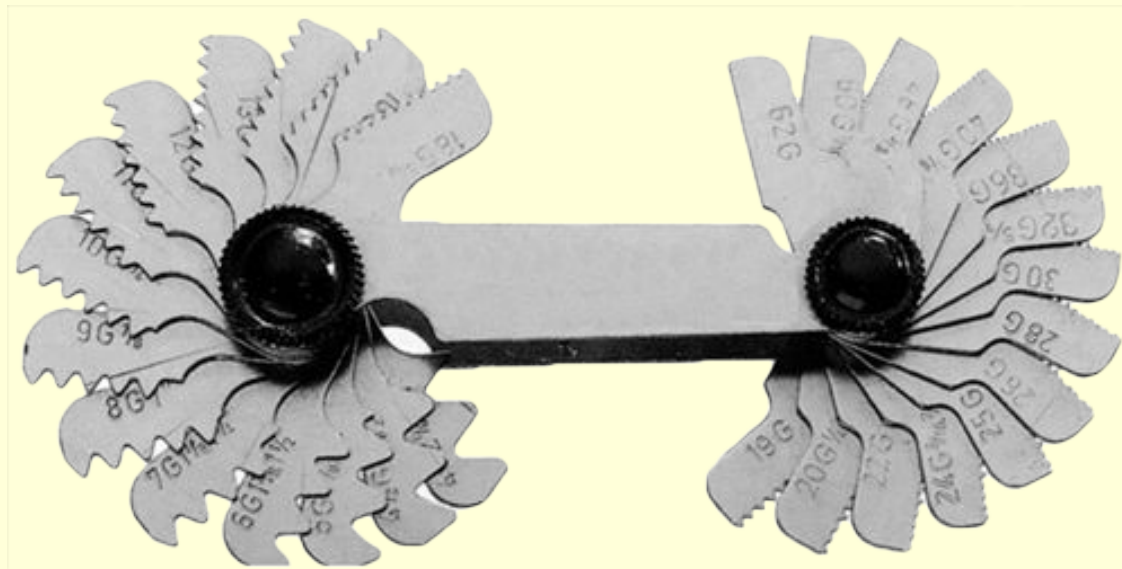
Оптические и оптико-механические приборы – это измерительные лупы, микроскопы, оптико-электронные приборы, специальные датчики и т.д.



СИ для линейных измерений

Калибр – это бесшкальный измерительный инструмент для контроля размеров, формы и взаимного расположения частей изделия. Калибры не имеют отсчетных устройств для определения размеров, с их помощью можно только установить, выполнен ли действительный размер детали в пределах допуска или нет.

Шаблон – это профильные калибры, которые служат для проверки сложных профилей. Они бывают радиусные, резьбовые, специальные для сварных соединений.

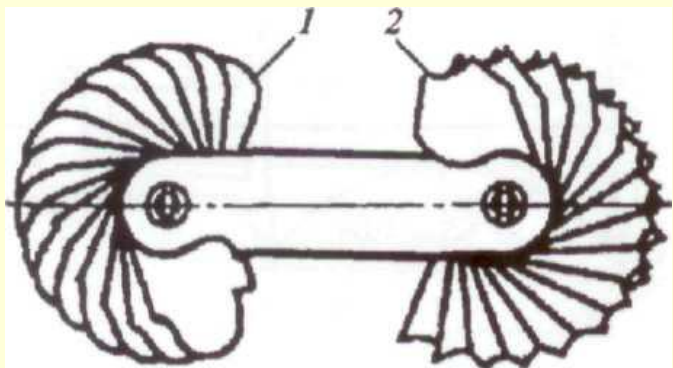


СИ для линейных измерений

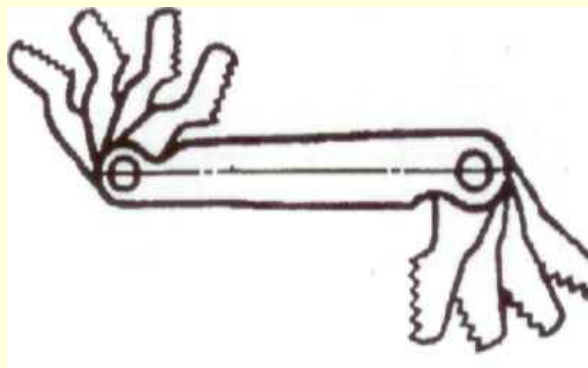
Щупы – калибры, применяемые для контроля зазоров между плоскостями, имеющими вид мерной пластины определенной толщины.



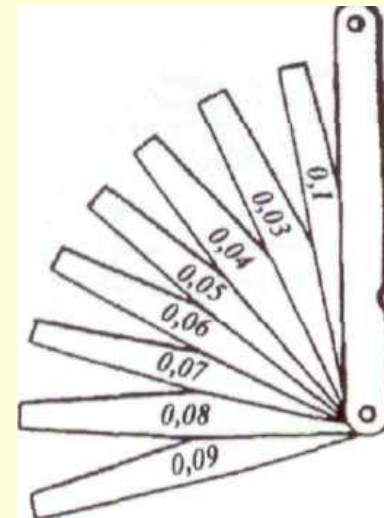
Шаблоны



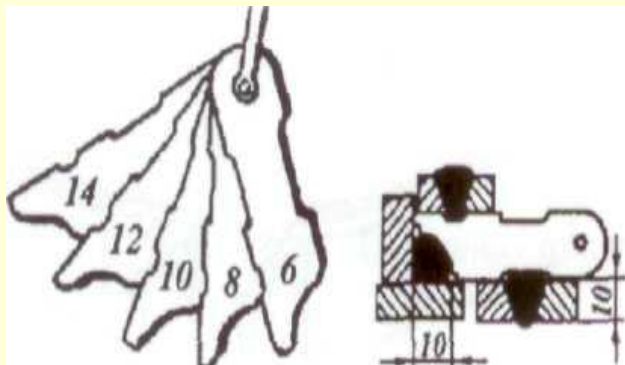
Набор радиусных шаблонов:
1 - выпуклых; 2 - вогнутых



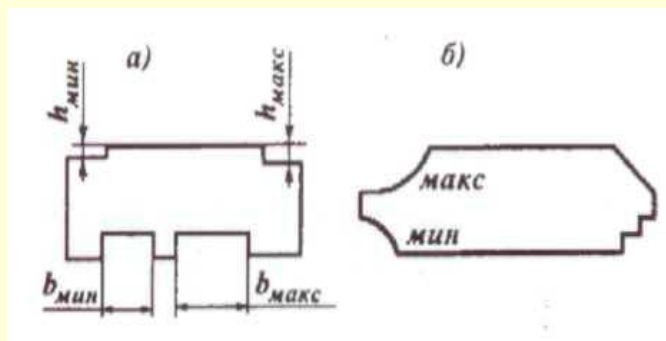
Набор резьбовых шаблонов



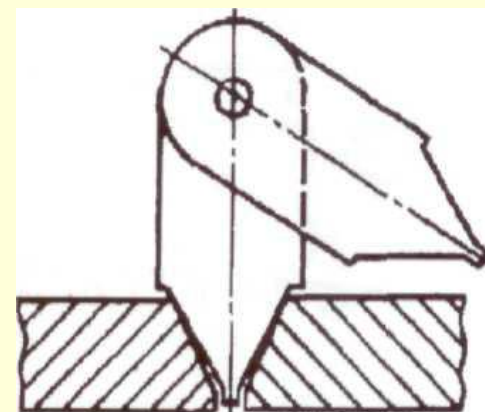
Щупы измерительные в обойме



Набор шаблонов (а) для контроля размеров швов и пример использования шаблонов (б)



Предельные шаблоны:
а - для контроля стыковых швов; б - для контроля угловых швов; h - высота усиления; b - ширина шва



Проверки угла скоса и зазора между кромками стыкового соединения

СИ для измерения углов

Средства для измерения

углов – угольники, угловые меры, калибры, механические и оптические делительные головки и т.д.

Угловые меры, угольники и калибры – это жесткие контрольные инструменты, имеющие определенные значения углов.

Наиболее точное средство измерения углового размера – это угловая плитка.



Нониусный угломер



Комплекты ВИК «Аршин» включают:

лупы, зеркала, фотоэндоскопы и цифровые фотокамеры, шаблоны, щупы, измерительные инструменты, промышленный маркер, принадлежности для радиографии, приборы измерения температуры и прочее.

Ряд комплектов ВИК включает цифровые камеры Canon A1100 IS, Panasonic TZ8и т.д.

Поверка оборудования

- Оборудование поверяется:
 - при изготовлении,
 - после ремонта,
 - периодически.
- Периодичность поверки указывается в паспорте на средство измерения.

Технология проведения ВИК

Технология проведения ВИК описывается в РД 03-606-03 «Инструкция по **визуальному и измерительному контролю**».

ВИК проводят до проведения контроля другими методами НК, а также после устранения дефектов.

Инструкция по ВИК устанавливает порядок проведения ВИК, стадии контроля, указывает, с какой целью проводят контроль, для выявления каких дефектов, в соответствии с какими документами.

Поверхности материалов и сварных соединений перед контролем очищают от влаги, шлака, брызг металла, ржавчины и других загрязнений, препятствующих проведению контроля.

Используют лупы до $7\times$, при эксплуатации – до $20\times$, линейки измерительные металлические, штангенциркули, угломеры, микрометры, нутромеры, калибры, эндоскопы, шаблоны, рулетки, образцы шероховатости.

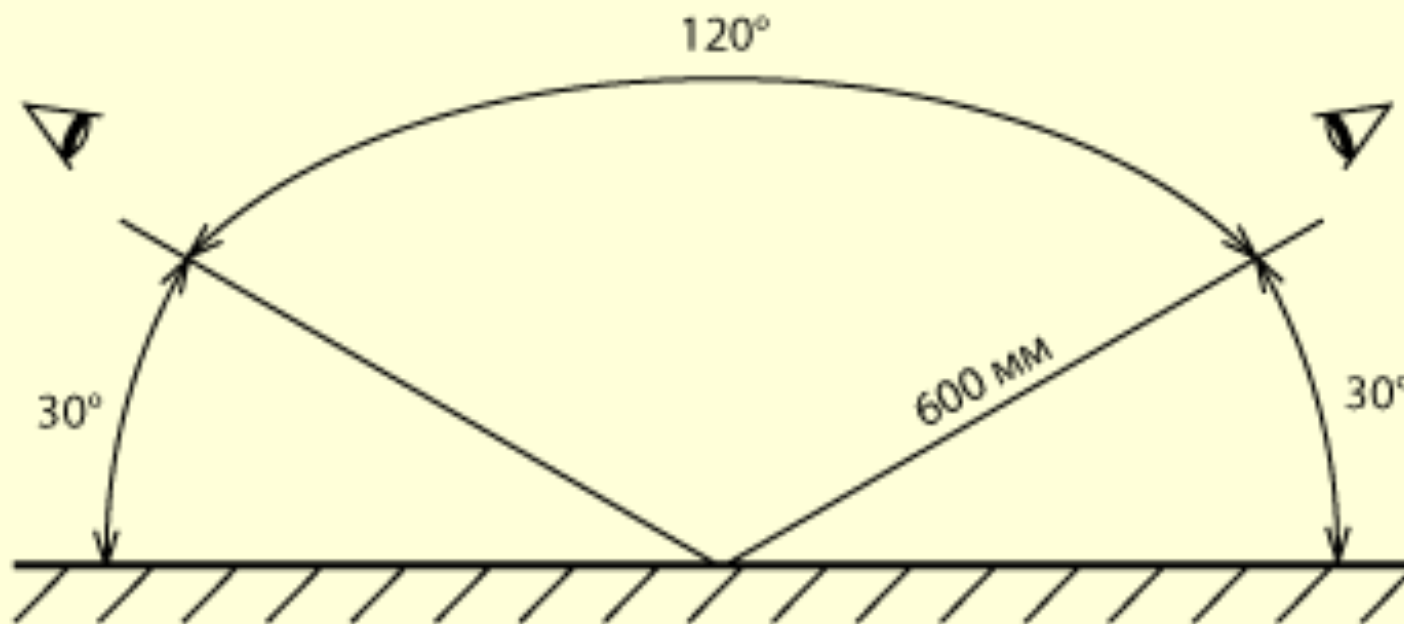
Должны быть созданы условия для проведения ВИК, обеспечивающие безопасность персонала (ограждения, подмости, вышки и т.д., возможность подключения ламп местного освещения напряжением 12 вольт).

Окраска поверхностей стен, потолков, рабочих столов на участках ВИК должна быть в светлых тонах для увеличения контрастности контролируемых поверхностей и снижения утомляемости специалиста.

Технология проведения ВИК

Для контроля должен быть обеспечен достаточный обзор для глаз специалиста (поверхность должна рассматриваться под углом более 30° к плоскости объекта контроля и с расстояния до 600 мм).

Шероховатость поверхности должна быть не более Rz80 (Ra12,5).



Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности – это совокупность периодических неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине.

Бесконтактные СИ шероховатости – это:

- визуальное сравнение с эталоном шероховатости;
- двойной микроскоп;
- микроинтерферометр.

Контактные СИ шероховатости – это:

- профилометр;
- профилограф.

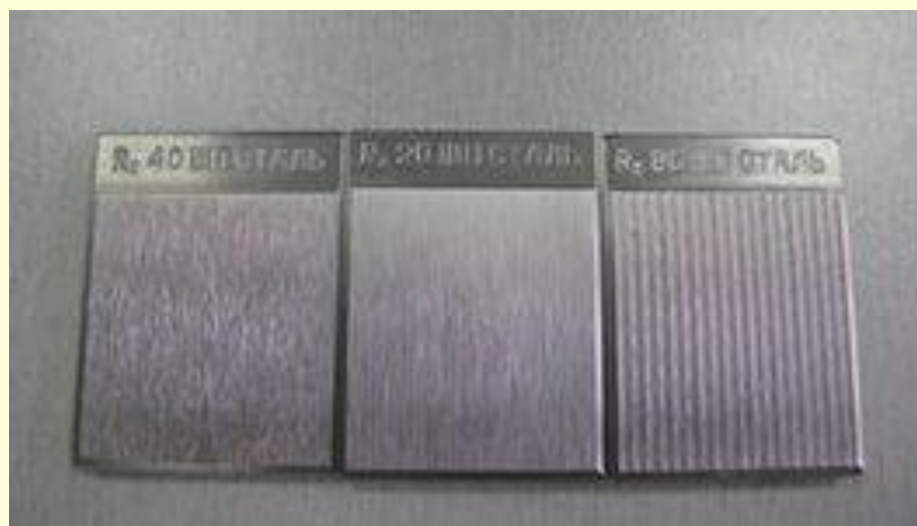
Шероховатость поверхностей изделий и сварных соединений для проведения последующих методов неразрушающего контроля зависит от метода контроля и должна быть не более:

Ra 3,2 (Rz 20) - при капиллярном контроле;

Ra 10 (Rz 63) - при магнитопорошковом контроле;

Ra 6,3 (Rz 40) - при ультразвуковом контроле.

Образцы шероховатости сравнения



Профилометры



Технология проведения ВИК

В процессе изготовления и монтажа сварных конструкций осуществляют систематический контроль качества производства сварочных работ:

- *предварительный контроль,*
- *пооперационный контроль,*
- *контроль готовых сварных соединений.*

При предварительном контроле подлежат проверке:

- квалификация сварщика, термиста и дефектоскописта;
- качество сварочных материалов,
- состояние сварочного оборудования, сборочно-сварочных приспособлений, аппаратуры и приборов для дефектоскопии.

При операционном контроле проверяют:

- соответствие марки материала свариваемых элементов;
- качество и геометрию размеров полуфабрикатов;
- качество подготовки заготовок под сварку;
- качество сборки перед сваркой;
- режимы предварительного подогрева;
- в процессе выполнения сварки – режим сварки, порядок наложения отдельных слоев, их форму, зачистку шлака между слоями, наличие надрывов, пор, трещин и других внешних дефектов в швах.

Технология проведения ВИК

Готовые сварные соединения подвергают:

- внешнему осмотру и измерению;
- испытанию на твердость шва;
- ультразвуковой или радиографической дефектоскопии, или другим методам НК;
- механическим испытаниям;
- металлографическим испытаниям;
- гидравлическому испытанию в керосиновой пробе.

Контроль качества и геометрических размеров полуфабрикатов.

Задачей визуального контроля основного материала является:

- выявление участков металла с трещинами, выходящими на поверхность, расслоениями, закатами, раковинами и другими несплошностями, вызванными технологией изготовления или транспортировкой,
- подтверждения наличия правильности маркировки.

Задачей измерительного контроля полуфабрикатов является:

- подтверждение их геометрических размеров,
- определение размеров поверхностных дефектов.

Технология проведения ВИК

Контроль подготовки изделий под сварку и сборки деталей под сварку.

Основными этапами проверки являются:

- контроль чистоты поверхности;
- геометрических размеров разделки шва;
- материал и форма подкладных колец и расплавляемых вставок;
- качество прихваток.

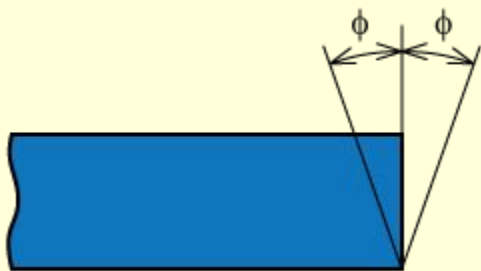
Недопустимо в разделке шва и на прилегающей к ней поверхности наличие:

- влаги,
- ржавчины,
- масел,
- краски и других загрязнений.

Поверхности кромок не должны иметь:

- надрывов,
- трещин,
- значительных шероховатостей и неровностей.

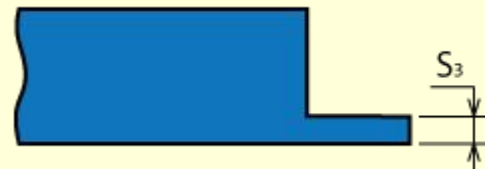
Размеры, контролируемые при подготовке деталей под сварку



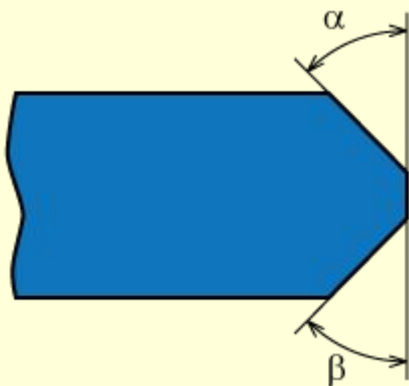
Перпендикулярность кромки
(ϕ)



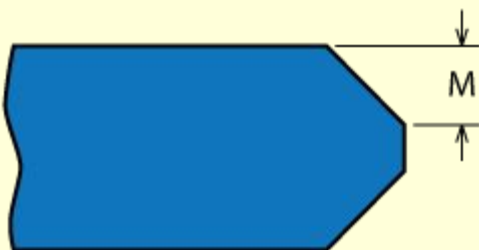
Притупление кромки
(ρ)



Высота подкладки
(S_3)



Угол скоса кромки (α ,
 β)



Глубина скоса кромки
(M)



Ширина подкладки
(B_3)

Технология проведения ВИК

Конструктивные элементы кромок должны соответствовать требованиям ГОСТ 5264, ГОСТ 14771, ГОСТ 8713 (ПН АЭ Г-7-009-89).

Основными контролируемыми размерами при сборке являются:

для стыковых швов:

- зазор между кромками,
- притупление,
- угол скоса кромок,
- смещение кромок с внутренней стороны соединения;

для нахлесточных соединений:

- ширина нахлестки,
- зазор между металлами;

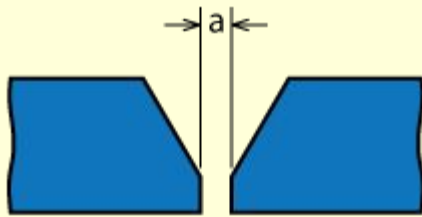
для тавровых соединений:

- угол между свариваемыми деталями,
- зазор между свариваемыми деталями,
- притупление,
- угол скоса кромок;

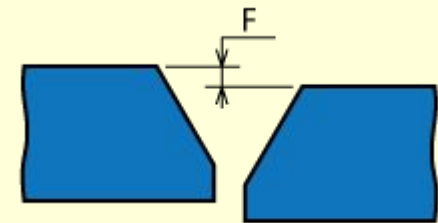
для угловых соединений:

- зазор между свариваемыми деталями,
- угол между ними.

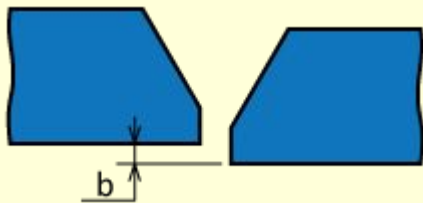
Размеры, контролируемые при сборке деталей под сварку



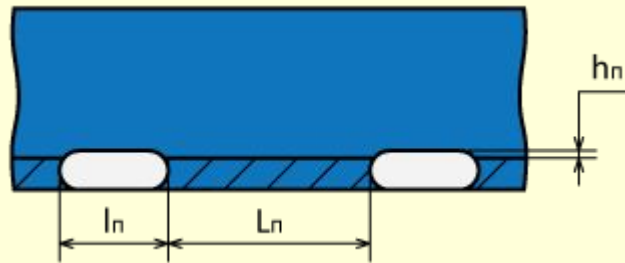
Зазор в соединении
(a)



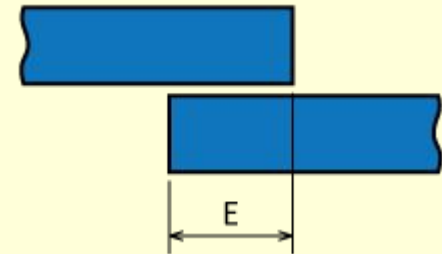
Смещение кромок деталей с
наружной стороны соединения
(F)



Смещение кромок деталей с
внутренней стороны соединения
(b)



Длина прихватки (l_n)
Расстояние между прихватками
(L_n)
Высота прихватки (h_n)



Размер перекрытия
деталей в
нахлесточном соединении
(E)

Технология проведения ВИК

От качества подготовки и геометрических размеров разделки шва зависит качество сварного соединения.

В результате завышения скоса кромок происходит перерасход электродного материала, вследствие интенсивного разогрева происходит коробление и деформации свариваемых элементов.

Уменьшение угла скоса затрудняет надежное проплавление и приводит к непровару.

Увеличение размера притупления кромок приводит к непровару, а его уменьшение к прожогам.

Уменьшение зазора приводит к непровару, а чрезмерное увеличение – к прожогам.

Сборочные прихватки выполняются теми же сварочными материалами, что и основные швы.

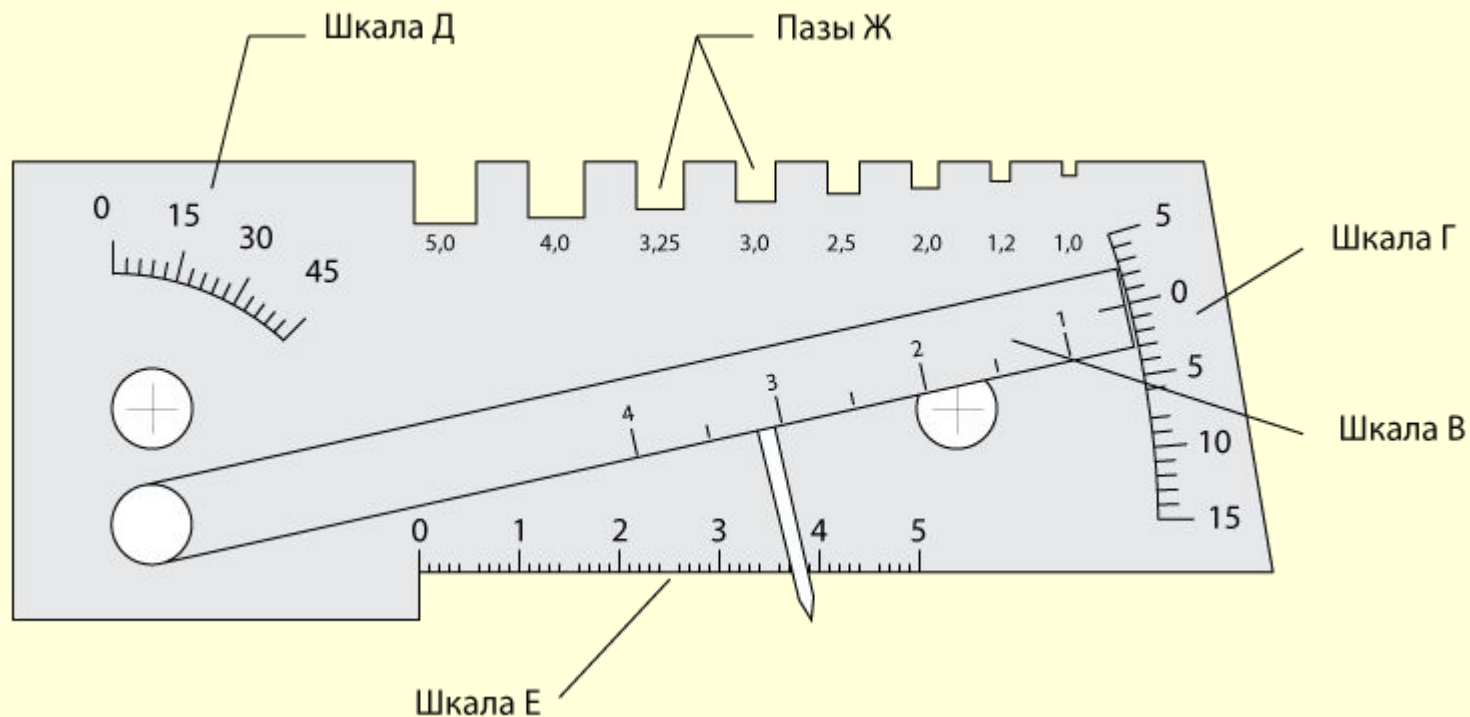
При проверке их качества следует обращать внимание на их чистоту и высоту.

Загрязненные, с неудаленным шлаком, прихватки могут привести к шлаковым включениям в металле шва, а прихватки большой высоты – к непровару.

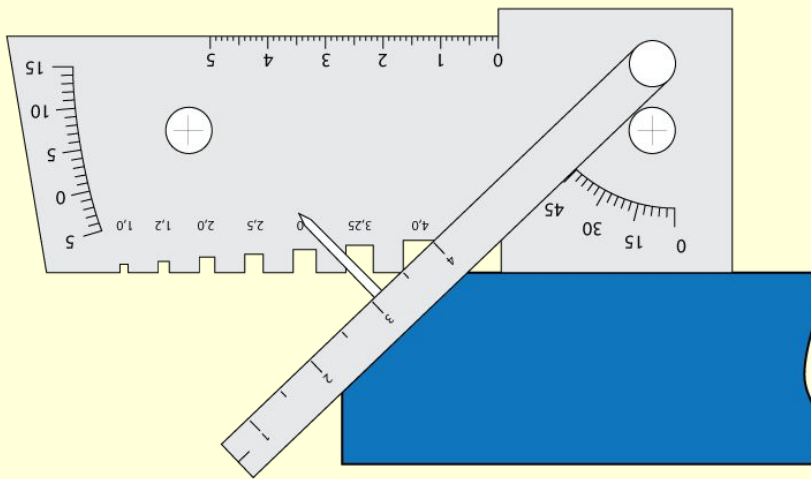
Все детали при сборке под сварку очищают в местах наложения швов по внешней и внутренней поверхности не менее 20 мм.

Технология проведения ВИК

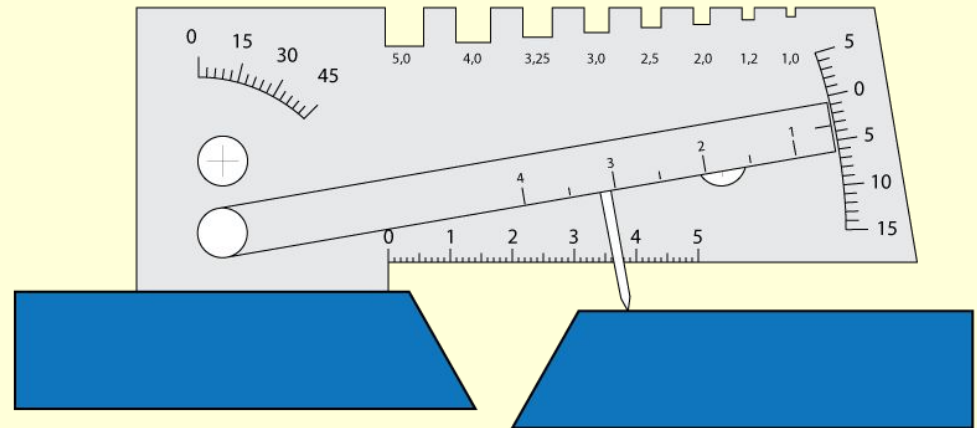
Геометрические размеры разделки шва проверяют с помощью специальных инструментов – универсальных шаблонов сварщика УШС.



Технология проведения ВИК

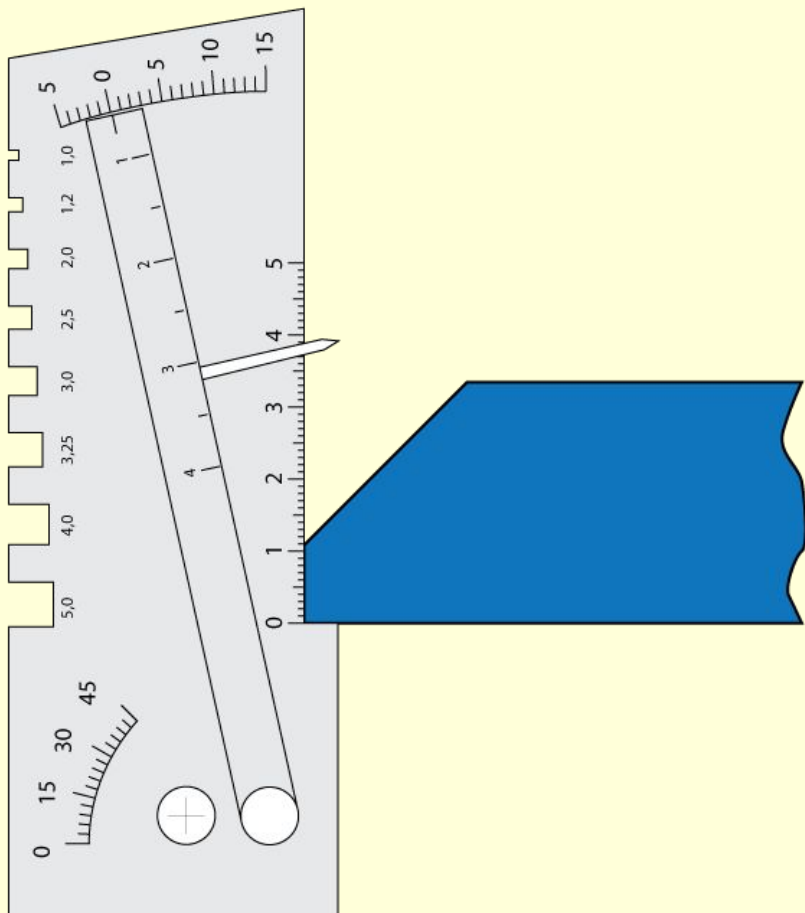


Угол скоса кромки

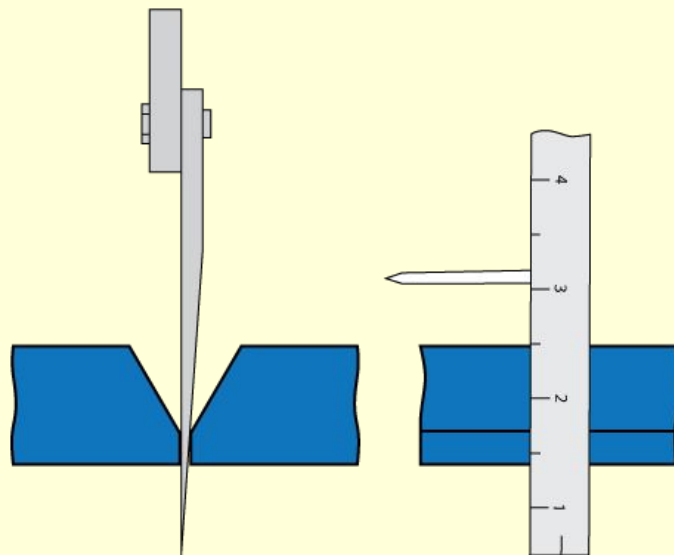


Линейное смещение

Технология проведения ВИК



Притупление



Зазор

Контроль качества выполнения сварочных швов.

Лучшей формой шва считается такая, у которой ширина шва в 1,3 - 2 раза больше толщины шва.

При наложении многопроходной сварки первый слой обычно накладывается строго по оси стыка, а последующие поочередно смещаются на свариваемые кромки во избежание непроваров кромок.

Качество выполнения первого слоя оказывает наибольшее влияние на прочность всего сварного соединения.

Первый слой быстро застывает вследствие соответствующей геометрии кромок стыка, большого объема основного металла по сравнению с объемом металла первого слоя стыка. Поэтому он особенно восприимчив к растрескиванию. Эти трещины могут распространяться на следующие слои.

Визуальный контроль первого слоя шва должен быть полным и тщательным.

Он помогает распознать расслоение металла, которое увеличивается под влиянием тепла.

Особое внимание следует уделять качеству прихваточных швов, чтобы сохранить необходимое расстояние между свариваемыми кромками.

При выполнении односторонних швов глубина проплавления при сварке первого прохода обычно составляет 50 – 60 % толщины металла.

Для выполнения второго прохода необходимо тщательно очистить от окалины и шлака сварочную ванну.

Внешний осмотр и обмеры сварных швов и соединений.

Внешний осмотр и обмеры сварных соединений являются первыми контрольными операциями по приемке готового изделия.

Им подвергаются все сварные швы независимо от того, как они будут испытаны в дальнейшем.

Размер контролируемой зоны включает в себя поверхность металла шва и околошовную зону по обе стороны шва:

- не менее 5 мм – для стыковых соединений с толщиной металла до 5 мм;
- не менее номинальной толщины стенки детали – для стыковых соединений с толщиной металла от 5 до 20 мм;
- не менее 20 мм – для стыковых соединений с толщиной металла более 20 мм;
- не менее 5 мм – для угловых, тавровых, торцевых и нахлесточных соединений (не зависимо от толщины металла);
- не менее 50 мм – для сварных соединений, выполненных электрошлаковой сваркой (не зависимо от толщины металла).

Внешний осмотр и обмеры сварных швов и соединений.

ВИК проводится для проверки наиболее важных характеристик законченного изделия:

- соответствие размеров законченного сварного соединения нормативно-технической документации;
- общий вид шва (шероховатость поверхности, чешуйчатость, наличие сварных брызг);
- наличие зачистки металла в местах приварки временных креплений, под последующий неразрушающий контроль;
- отсутствие поверхностных трещин всех видов и направлений, пор, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров и т.д.;
- контроль размеров поверхностных дефектов;
- наличие и правильность клеймения шва.

Технология проведения ВИК

Качество сварного соединения в значительной мере характеризуется размерами сварных швов.

Недостаточное сечение шва уменьшает его прочность, завышенное – увеличивает внутренние напряжения и деформации в нем.

Для проверки размеров сечения замеряют

у стыковых швов :

- их ширину,
- высоту (выпуклость, вогнутость),
- чешуйчатость,
- глубину западаний между валиками;

в угловых, нахлесточных и тавровых:

- катет шва.

Технология проведения ВИК

Значения указанных выше величин, а также допускаемые отклонения устанавливаются Правилами устройства и безопасной эксплуатации, ГОСТ 5264, ГОСТ 14771 и рабочими чертежами.

Размеры сварного шва контролируют измерительным инструментом с точностью измерения $\pm 0,1$ мм или специальными шаблонами.

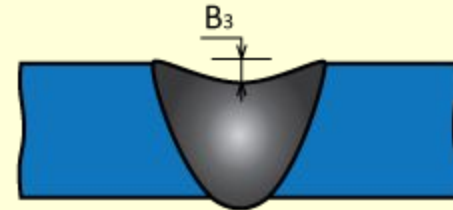
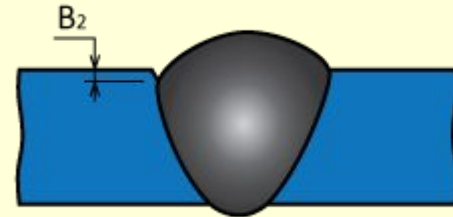
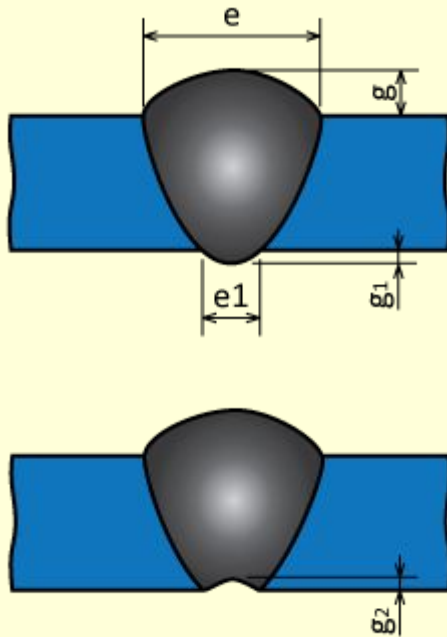
По внешнему виду шва можно установить причину появления тех или иных дефектов.

Так:

- при малом токе шов получается слишком высоким, с закругленными краями и неглубоким проваром;
- завышенный ток ведет к неровностям краев шва и появлению подрезов.

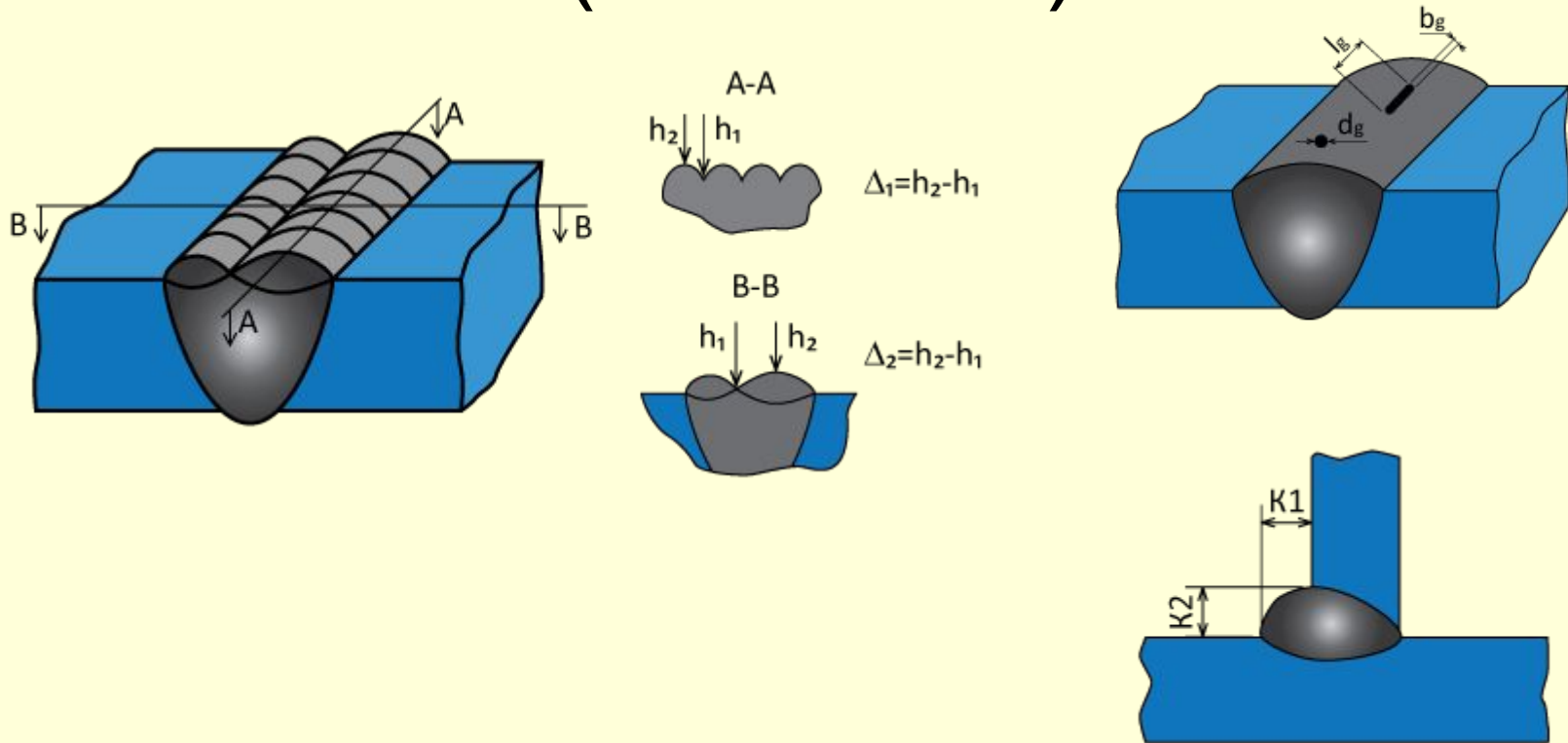
Неравномерная чешуйчатость, ширина, высота шва указывают на нарушение режима сварки и частые обрывы дуги.

Контроль сварных соединений (наплавков)



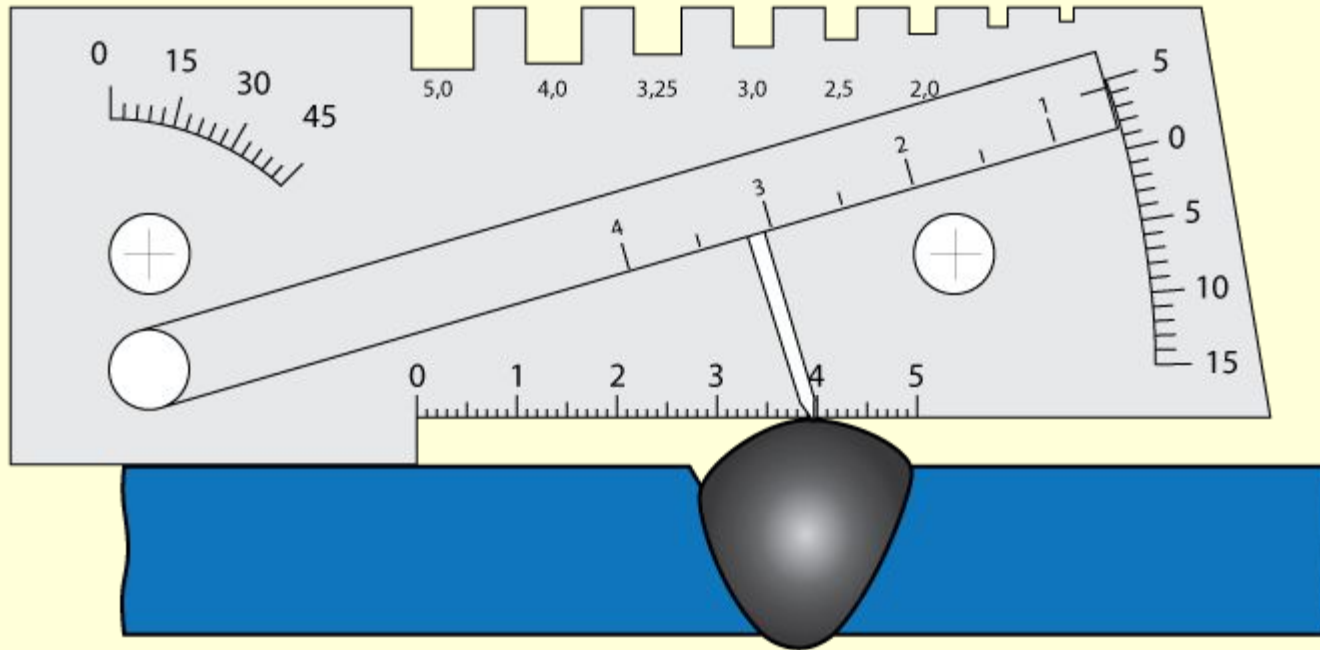
- а) размеры (ширина, высота) стыкового одностороннего шва с наружной и внутренней стороны;
- б) вогнутость корня шва;
- в) подрез;
- г) неполное заполнение разделки кромок

Контроль сварных соединений (наплавков)



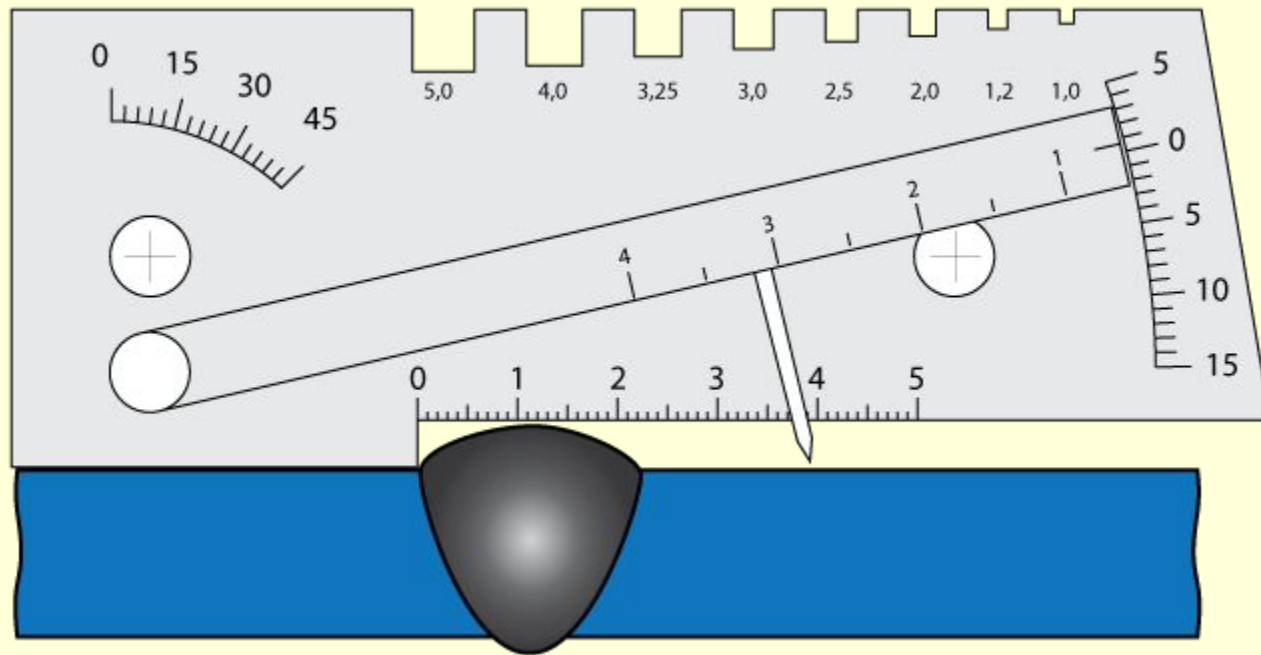
- д) чешуйчатость (Δ_1) шва и западание между валиками шва (Δ_2);
е) размеры поверхностных включений (диаметр - d_g ; длина - l_g ; ширина - b_g включения);
ж) размеры катета шва углового (таврового, нахлесточного) соединения

Контроль сварных соединений (наплавков)



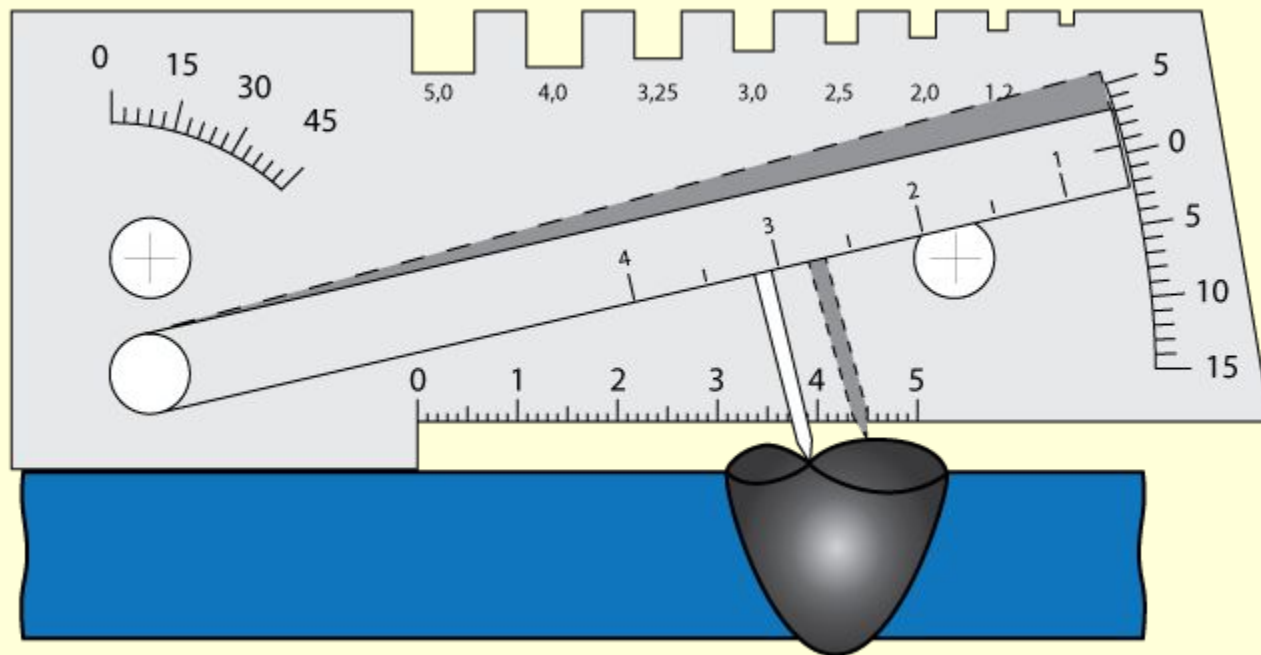
Измерение высоты валика усиления, глубины подреза.

Контроль сварных соединений (наплавки)



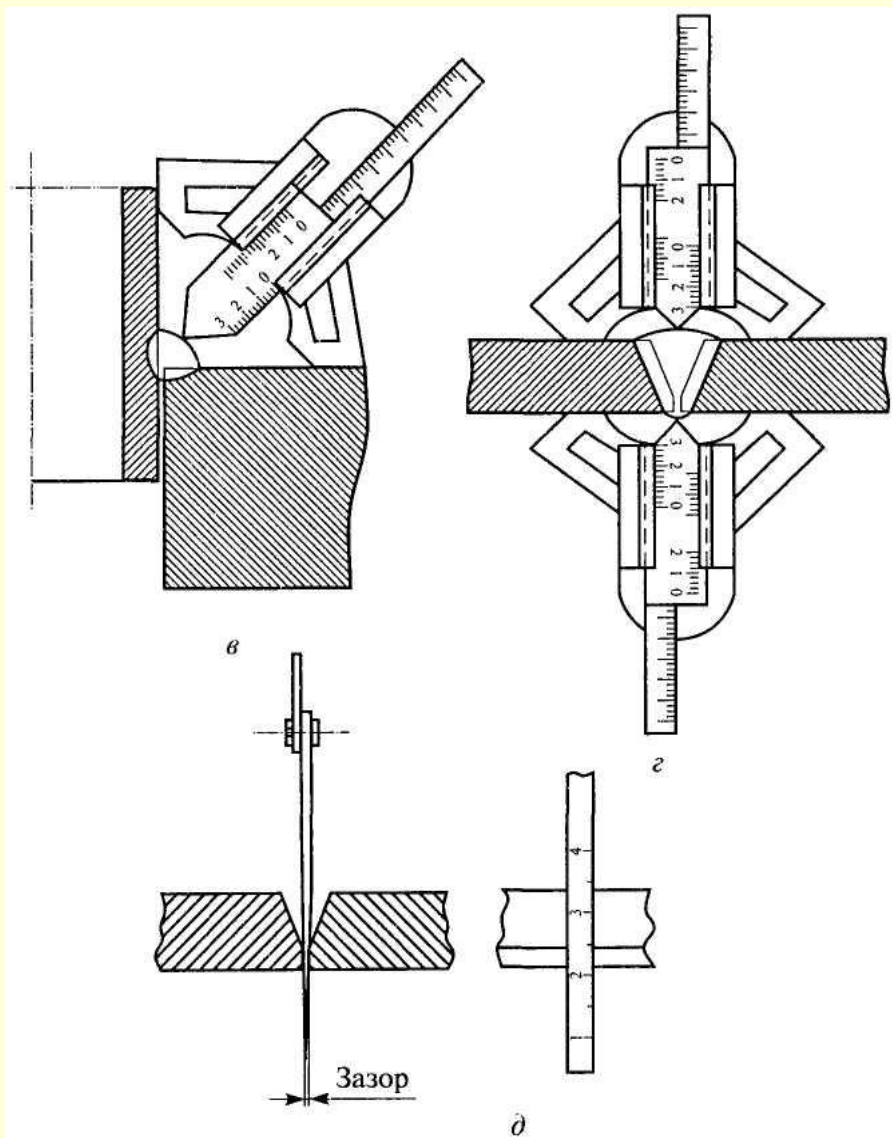
Измерение ширины валика усиления.

Контроль сварных соединений (наплавков)



Измерение величины западания между валиками,
шероховатости поверхности.

Контроль сварных соединений (наплавков)



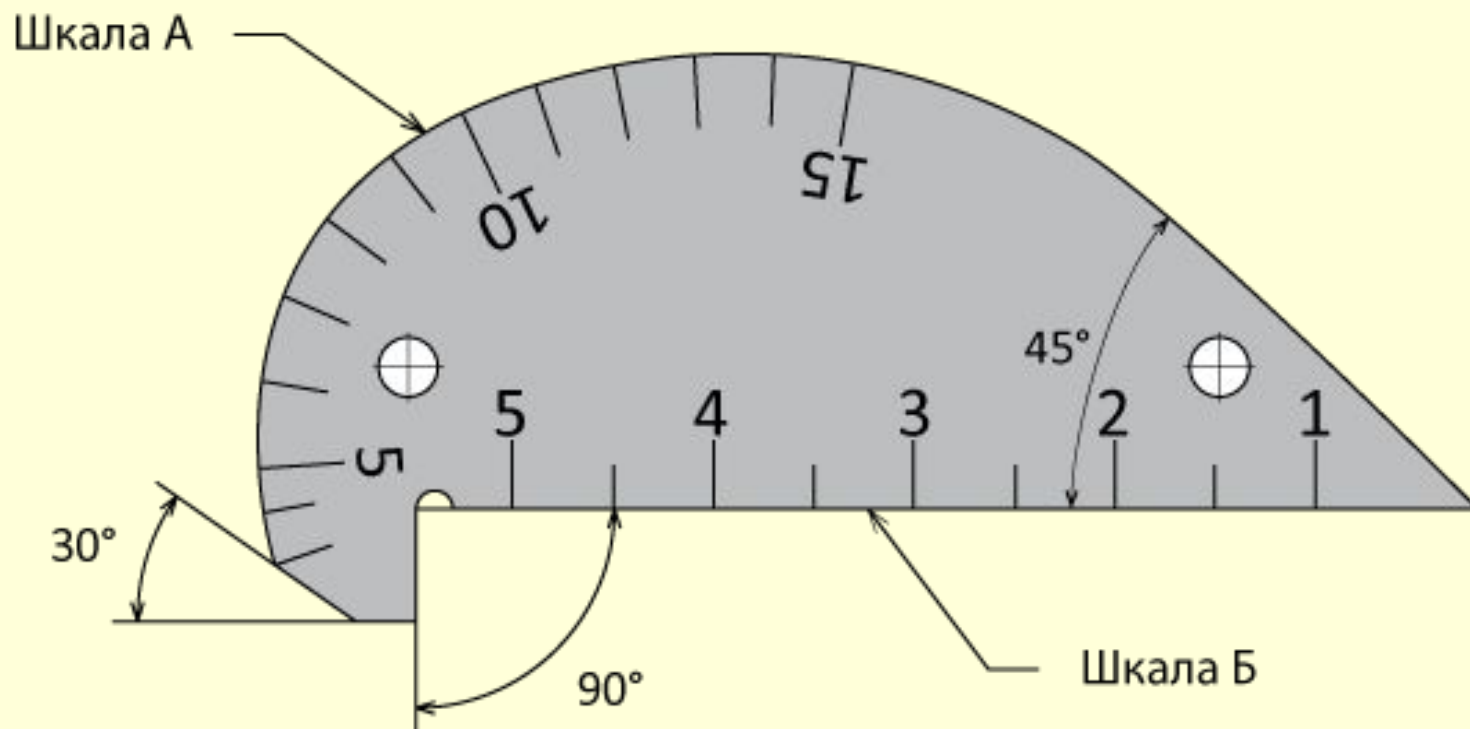
Контроль шаблоном конструкции В.Э. Ушеров-Маршака:

в - измерение высоты катета
углового шва ;

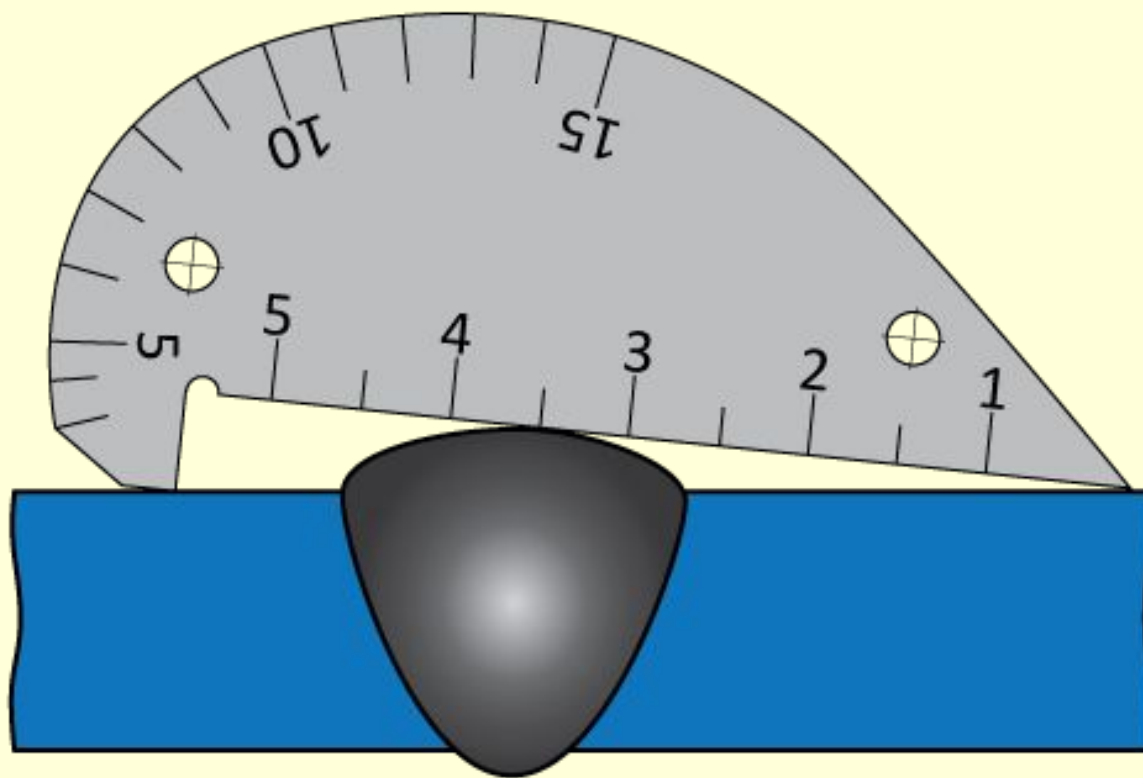
г - измерение высоты валика
усиления и выпуклости корня
шва стыкового сварного
соединения;

д - измерение зазора в
соединении при подготовке
деталей к сварке

Универсальный шаблон Красовского (УШК-1).

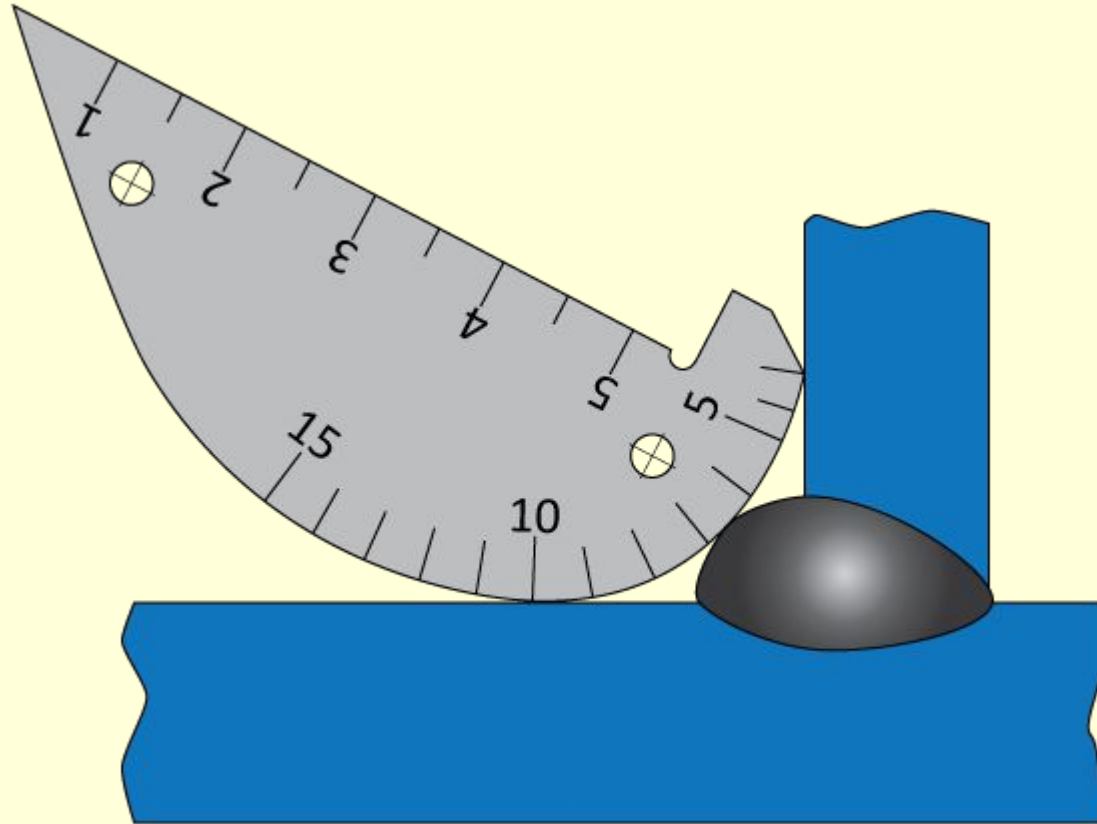


Контроль сварных соединений (наплавков)



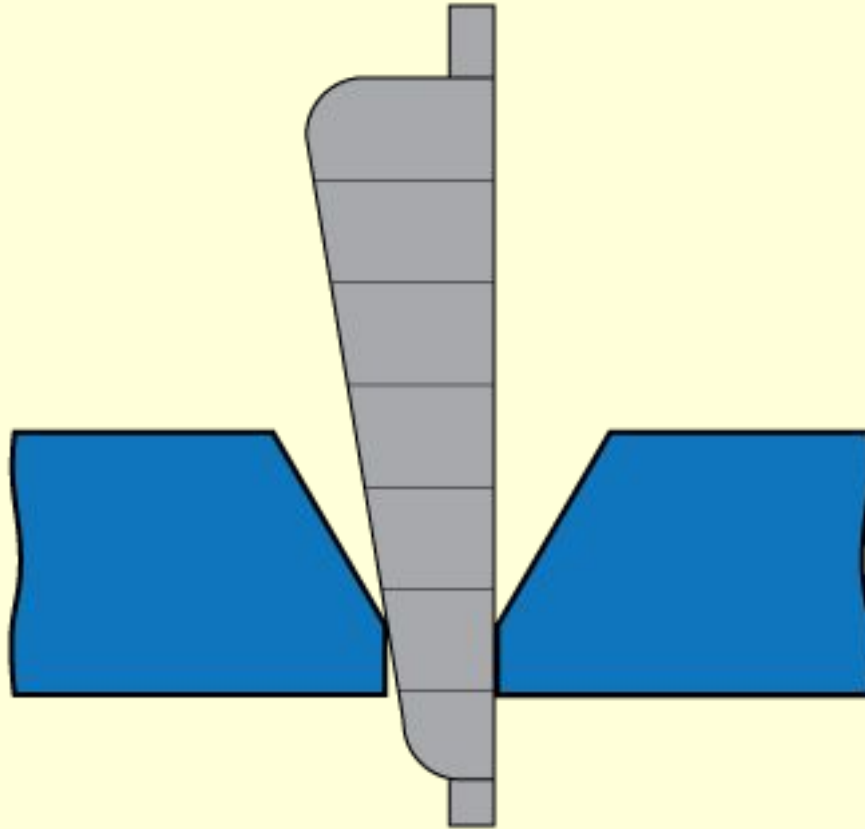
высота усиления стыкового шва

Контроль сварных соединений (наплавков)



высота усиления таврового шва

Контроль сварных соединений (наплавок)



зазор

Оформление результатов контроля

Нормы оценки качества изложены в нормативных документах.

Результаты контроля фиксируются в журнале и заключении (акте).

В случаях, предусмотренных технологической документацией, на поверхности проконтролированных материалов и сварных соединений ставится клеймо дефектоскописта.

АКТ № _____ от _____ визуального и измерительного контроля

1. В соответствии с наряд-заказом (заявкой) _____ выполнен _____
номер _____ указать вид контроля

_____ контроль _____
(визуальный, измерительный) наименование и размеры контролируемого объекта,

шифр документации, ТУ, чертежа, плавка (партия), номер объекта контроля

Контроль выполнен согласно _____
наименование и/или шифр технической документации

2. При контроле выявлены следующие дефекты _____
характеристика дефектов (форма,

размеры, расположение и/или ориентация для конкретных объектов)

3. Заключение по результатам визуального и измерительного контроля _____

Контроль выполнил _____
Уровень квалификации, № квалификационного удостоверения Фамилия, инициалы, подпись

Руководитель работ по визуальному
и измерительному контролю _____
Фамилия, инициалы, подпись

Применение ВИК при техническом диагностировании энергетических объектов

Воздействие эксплуатационных нагрузок, окружающей среды (температура, влажность, пары кислот, щелочей, агрессивных компонентов топлива и т.д.), фазовые и структурные превращения, протекающие во времени в условиях воздействия эксплуатационных факторов при неблагоприятных сочетаниях могут вызвать зарождение и развитие эксплуатационных повреждений (коррозионные язвы, питтинги, фреттинг-коррозия, трещины).

В таблице приведены основные дефекты деталей, возникающие при статических и циклических нагрузках в нормальных условиях и при воздействии агрессивных сред.

Виды воздействия на металл	Наименование дефектов
1. Статическое нагружение	Трещины однократного нагружения (хрупкие, вязкие) Трещины замедленного разрушения Трещины ползучести Коррозионное поражение металлов Коррозионное растрескивание Водородная хрупкость
2. Динамическое нагружение	Износ Трещины механической усталости Трещины термической усталости Трещины коррозионной усталости Выкрашивание и трещины контактной усталости
3. Термические напряжения	Дефекты при воздействии термических напряжений
4. Радиационные повреждения	Охрупчивание

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Трещина однократного нагружения, как правило, образуется в материале деталей при воздействии на них нагрузок, превышающих прочность деталей.

Трещина называется **трещиной вязкого разрушения**, если предшествующая образованию трещины деформация происходила в объеме, соизмеримым с объемом детали.

Вязкие трещины имеют, как правило, внутризеренный характер распространения. Вязкая трещина ориентирована либо нормально к направлению действия растягивающих напряжений, либо совпадает с направлением действия касательных напряжений.

Если в зоне образования трещины отсутствуют видимые следы макропластической деформации, трещина называется **хрупкой**.

Хрупкое разрушение может иметь как внутризеренный, так и межзеренный характер, приводя соответственно к образованию металлического или зернистого излома. Хрупкие трещины располагаются по поверхностям, перпендикулярным к направлению действия наибольших растягивающих напряжений.

Трещины замедленного разрушения

Замедленным (задержанным) разрушением принято называть хрупкое разрушение, наступающее с течением времени под воздействием статической нагрузки при напряжениях, меньших предела прочности (иногда ниже предела текучести) материала без влияния повышенной температуры и коррозионных активных сред.

К факторам, повышающим склонность материалов к замедленному разрушению, относят:

- наличие в них водорода;
- в закаленных сталях - закономерности мартенситного превращения, приводящего к возникновению в структуре стали остаточных микронапряжений;

постепенное накопление дефектов структуры при вязком течении по границам зерен.

Возникновению трещин замедленного разрушения способствует наличие на поверхности детали хрупкого слоя, монтажные перекосы.

Часто решающим фактором является действие внутренних растягивающих напряжений, возникающих при сварке, закалке, механической обработке и пр.

При замедленном разрушении могут наблюдаться как множественные, так и единичные трещины.

При этом виде разрушения характер трещин в существенной степени определяется классом и структурой материала.

Так, алюминиевые сплавы замедленно разрушаются, как правило, по границам зерен; стали - часто по телу зерен или границам субзерен.

Характер разрушения в значительной степени определяется и уровнем действующих напряжений. Так, в алюминиевых сплавах при относительно низком уровне напряжений, излом в зоне замедленного разрушения практически полностью межзеренный, при повышенных напряжениях - смешанный.

Трещины ползучести.

Разрушение деталей после пластического течения их материала под воздействием постоянного напряжения при относительно высоких температурах называется **разрушением от ползучести**. Для ползучести является характерным множественное трещинообразование.

При температуре примерно выше половины абсолютной температуры плавления материала характер разрушения изменяется. Материалы, которые ранее деформировались по типу вязкого транскристаллического сдвига, теперь могут разрушаться в результате разделения по границам зерен. Ниже указанной температуры области "граница зерен" служит эффективным барьером для движущихся дислокаций, но с началом возвратных процессов она способствует разрушению.

Таким образом, типичным для длительного высокотемпературного нагружения является межзеренное разрушение. Однако не исключено и внутризеренное разрушение, возможность которого определяется скоростью деформирования и температурой. С повышением температуры переход от внутризеренного разрушения к межзеренному смещается в область более высоких скоростей деформирования.

Большое влияние на характер разрушения оказывают размер зерен и их разнородность. Для материала с разнородным зерном характерно межзеренное разрушение и внутризеренное - по более крупным.

Коррозия металлов

Как при статическом, так и при переменном нагружении металла особую опасность вызывает такой дефект, как коррозионное поражение.

Коррозия металлов - это физико-химическое взаимодействие металлического материала и среды, приводящее к ухудшению эксплуатационных свойств материала, среды или технической системы.

Коррозионные процессы классифицируют:

1. По механизму реакции взаимодействия металла со средой;
2. По типу коррозионной среды;
3. По виду коррозионных разрушений на поверхности или в объеме металла;
4. По характеру дополнительных воздействий, которым подвергается металл одновременно с действием коррозионной среды.

Коррозия металлов

1. Механизм коррозии металла определяется типом агрессивной среды. В сухих окислительных газах при повышенных температурах на поверхности большинства конструкционных металлов образуется слой твердых продуктов коррозии (окалина).

Иной механизм имеет очень распространенная коррозия металлов в электролитических средах. В этом случае атом металла и частица окислителя непосредственно не контактируют и процесс включает две реакции: анодное растворение металла и катодное восстановление окислителя.

2. По типу коррозионной среды выделяют коррозию в *природных средах*:

- атмосферную,
- морскую,
- подземную,
- биокоррозию.

Еще более многообразны виды коррозии металлов в *технических средах*:

- различают коррозию в контактных (соприкосновение в электролите двух разнородных металлов, образующих замкнутый гальванический элемент),
- щелевую (в узких зазорах между деталями, куда может проникать электролит),
- щелочах,
- органических средах,
- расплавах солей и т.п.

Коррозия металлов

3. Коррозия, захватившая всю поверхность металла, называется *сплошной*.

Ее делят на *равномерную и неравномерную* в зависимости от того, одинакова ли глубина коррозионного разрушения на разных участках.

При *местной* коррозии поражения локальны и оставляют практически незатронутой значительную (иногда подавляющую) часть поверхности.

В зависимости от степени локализации различают:

- *коррозионные пятна,*
- *язвы (питтинг),*

точки.

Точечные поражения могут дать начало *подповерхностной* коррозии, распространяющейся в стороны под очень тонким, например, наклепанным слоем металла, который затем вздувается пузырями или шелушится.

Коррозия металлов

Наиболее опасные виды местной коррозии:

- **межкристаллитная** (*интеркристаллитная*), которая, не разрушая зерен металла, продвигается вглубь по их менее стойким границам,
- **транскристаллитная**, рассекающая металл трещиной прямо через зерна.

Почти не оставляя видимых следов на поверхности, эти поражения могут приводить к полной потере прочности и разрушению детали или конструкции.

Близка к ним по характеру **ножевая** коррозия, словно ножом разрезающая металл вдоль сварного шва при эксплуатации некоторых сплавов в особо агрессивных растворах.

Иногда специально выделяют поверхностную **нитевидную** коррозию, развивающуюся, например, под неметаллическими покрытиями, и **послойную** коррозию, идущую преимущественно в направлении пластической деформации.

Специфична **избирательная** коррозия, при которой в сплаве могут избирательно растворяться отдельные компоненты твердых растворов (например, обесцинкование латуней).

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

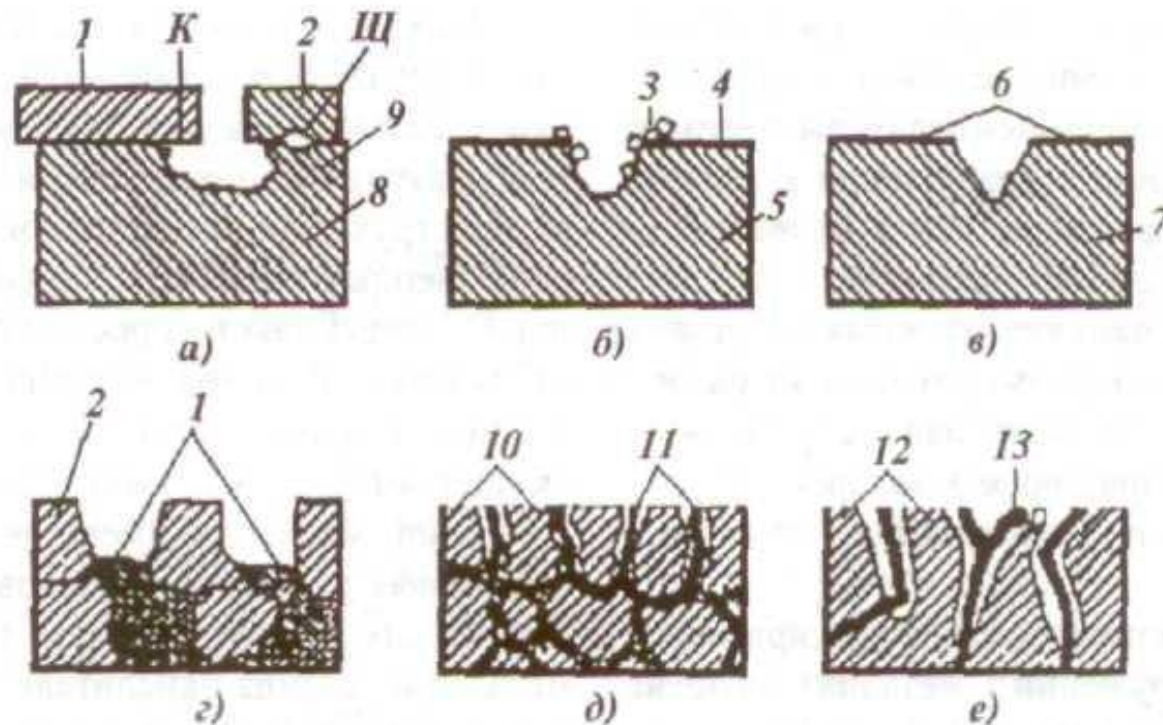


Рис. 13.1. Различные виды локального коррозионного воздействия вследствие образования микрогальванозлементов (схема):

a – контактная (К) и щелевая (Щ); *б* – "обесцинкование", "обезникеливание", "обезалюминиевание"; *в* – точечная коррозия; *г* – избирательная коррозия; *д* – распад по границам зерен; *е* – "губчатая" коррозия в чугунах; 1 – участок благородного металла; 2 – участок неблагородного металла; 3 – кристаллы чистой меди; 4, 6 – покровный слой; 5 – медный слой; 7 – металл; 8 – благородная фаза; 9 – неблагородная фаза; 10 – основной металл; 11 – выделения по границам зерен, например, карбиды; 12 – перлит, феррит; 13 – графит

Межкристаллитная коррозия

Межкристаллитная коррозия - это преимущественное разрушение металла вдоль границ зерен.

При незначительных общих коррозионных потерях разрушение проникает на большую глубину и сопровождается снижением прочности и пластичности материала, что в конечном счете приводит к выходу из строя всей конструкции.

Межкристаллитной коррозии подвержены многие сплавы на основе Fe, Ni, Al и другие материалы, имеющие, как правило, неоднородную структуру.

Межкристаллитная коррозия - электрохимический процесс, обусловленный тем, что твердый раствор может расслаиваться с образованием по границам зерен фаз, обогащенных каким-либо компонентом материала (так называемые избыточные фазы), а участки, непосредственно прилегающие к границам зерен, оказываются обедненные этим компонентом (обедненные зоны). Под действием той или иной агрессивной среды происходит избирательное анодное растворение либо самих избыточных фаз, либо соседних с ними обедненных зон.

Межкристаллитная коррозия

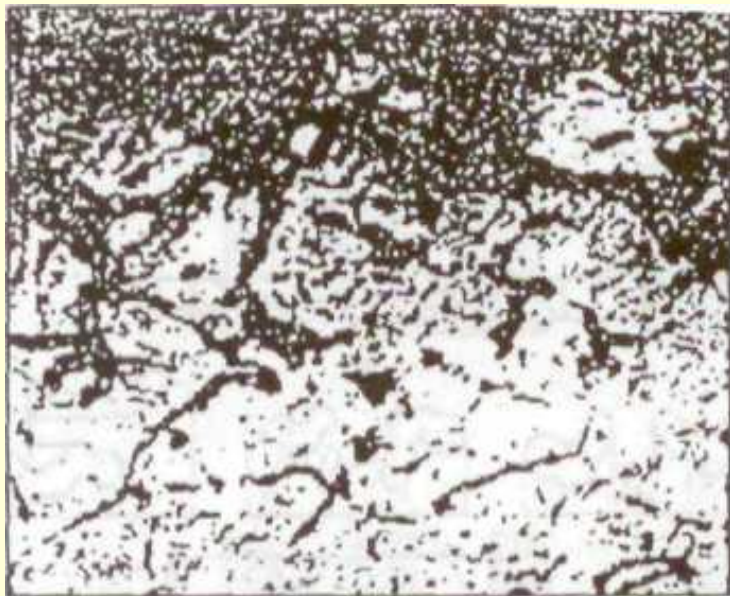


Рис. 13.3. Микроструктура стали с межкристаллитным поражением

Разрушение обычно происходит в сварных швах и по зоне термовлияния; иногда корродирует основной металл. Чаще всего межкристаллитные трещины начинают развиваться от непроваров и других дефектов сварки.

Стойкость материала против межкристаллитной коррозии повышают выбором режима термообработки, снижением содержания примесей, легированием элементами, предотвращающими образование нежелательных фаз по границам зерен.

Коррозия металлов

4. Особую группу образуют коррозионно-механические разрушения, в которую входят:
- коррозионное растрескивание;
 - коррозионная усталость;
 - фреттинг-коррозия;
 - водородное охрупчивание;
 - эрозийная коррозия;
 - кавитационная коррозия.

Скорость коррозии характеризуется качественными и количественными показателями.

Качественные: изменение внешнего вида поверхности металла; изменение его микроструктуры и др.

Количественными показателями служат: время до появления первого коррозионного очага, число коррозионных очагов за определенный промежуток времени; уменьшение толщины металла, отнесенное к единице времени и т.п.

Коррозионному воздействию особенно подвержены холоднодеформированные области изделий, поэтому необходимо вернуть холоднодеформированный материал в исходное состояние с помощью термообработки, например, отпуска для снятия напряжений, не упуская из виду возможности протекания рекристаллизации.

Коррозия металлов

Коррозионное растрескивание происходит при одновременном воздействии статических растягивающих напряжений (внешних и внутренних) и коррозионной среды.

Подобно хрупкому разрушению, происходит практически без пластической деформации металла.

Непременным условием такой коррозии является локализация процесса на наиболее напряженных местах поверхности.

Это могут быть трещины в защитных покрытиях, границы зерен, выходы дислокации.

В общем процессе развития коррозионной трещины (сильно разветвленной) различают инкубационный период (до появления зародышевой трещины), периоды развития трещины и хрупкого разрушения.

Следует различать коррозионное растрескивание под напряжением, требующее растягивающего напряжения, и межкристаллитную коррозию, которая происходит и в отсутствие напряжения.

Коррозионное растрескивание следует также отличать от разрушения в результате коррозионной усталости.

Последний термин применим к растрескиванию металла, подвергающегося циклам повторного или знакопеременного напряжения в коррозионной среде.

Коррозия металлов

Фреттинг-коррозия возникает в местах контакта плотно сжатых или катящихся одна по другой деталей, если в результате вибраций между их поверхностями возникают микроскопические смещения сдвига.

Разрушение под влиянием водорода (водородная хрупкость). Под влиянием растворенного водорода металлы могут настолько охрупчиваться, что уже при приложении малого растягивающего напряжения образуются трещины.

Источниками поступления водорода могут являться термическая диссоциация воды при металлургических процессах (литье, сварка), диссоциация газов, коррозия, гальванические процессы и т.п.

Разрушение, вызванное воздействием водорода, происходит интенсивнее под действием внешней медленно возрастающей или постоянной статической нагрузки (медленное разрушение); при наличии остаточных напряжений (усадочные напряжения и напряжения, связанные с превращениями); холодной деформации; увеличении прочности в результате закалки; низких температурах (но выше $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$).

По отношению к исходному аустенитному зерну вызванное воздействием водорода разрушение стали может быть как межзеренным, так и внутризеренным.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Износ может быть определен как изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности изделия вследствие разрушения микрообъемов поверхностного слоя изделия за счет механического воздействия.

Контактируемые поверхности изнашиваются в любой машине. Во многих случаях вред может быть минимизирован смазкой, фильтрацией масла, выбором материалов и соответствующей конструкцией и другими методами.

Во многих отношениях *износ подобен коррозии*.

Оба эти явления:

- многообразны и обычно случаются одновременно;
- как-то предсказуемы при постоянных окружающих условиях;
- чрезвычайно трудно оценить ускоренными методами в условиях эксплуатации и трудно классифицировать из-за небольших изменений размеров, формы и массы деталей, подверженных износу;
- являются чрезвычайно важной экономической проблемой.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

При выполнении визуального контроля необходимо знать историю и работу рассматриваемого механизма.

Во многих случаях невозможно проводить полное исследование только визуальным контролем изнашиваемых деталей. Износ это поверхностное явление, происходящее от взаимодействия данной поверхности с другой деталью материала, которая должна исследоваться.

По условиям внешнего воздействия на поверхностный слой различают:

- ***абразивный,***
- ***эрозионный,***
- ***адгезионный,***
- ***другие виды износа.***

Абразивный износ характеризуется срезом. Он происходит, когда одна поверхность трется под давлением по другой поверхности с достаточно большим выделением тепла. Абразивный износ - это непреднамеренная механическая обработка.

Эрозионный износ происходит тогда, когда частицы в жидкости или другой среде скользят или перекатываются с большой скоростью.

Каждая из движущихся частиц очень незначительна по размерам и массе, но их достаточно большое количество приводит к износу в таких механических сборках, как насосы, крыльчатки, паропроводы, сопла, трубопроводы с резкими изгибами.

Эрозионный износ может изменить форму лопастей крыльчаток, лопаток турбин так, что ухудшается эффективность их работы.

Износ за счет адгезии можно охарактеризовать как микросварку, которая возникает в том случае, когда выступы одной поверхности входят в контакт с выступами другой поверхности с выделением достаточно большого выделения тепла.

При таком взаимодействии выступ на одной стороне становится выше, а на другой - ниже первоначальной высоты. Кончик выступа может либо обломаться при новом контакте, либо снова свариться с выступом противоположной поверхности и цикл повторяется.

В результате такого износа в стали возникает структура (белый неотпущенный мартенсит), очень чувствительная к растрескиванию из-за ее хрупкости.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Процесс постепенного накопления повреждений и разрушение металлов под действием многократно приложенных нагрузок носит название усталость.

Свойство металла сопротивляться усталости носит название выносливость.

Источники трещин, как правило, концентрируются на поверхности или в подповерхностных слоях.

Наиболее характерной чертой усталостного разрушения является отсутствие деформаций в районе разрушения даже в таких материалах, как мягкие стали, которые высокопластичны при статическом разрушении.

Усталостные трещины обычно мелкие и их трудно обнаружить, пока они не достигнут макроскопического размера, после чего они быстро распространяются и вызывают полное разрушение за короткий промежуток времени.

Обычно усталостные трещины зарождаются в зоне изменения формы, нарушений поверхности деталей и в районе дефектов.

Поверхности усталостного излома имеют характерный вид. Обычно они содержат две или три визуально различимые зоны.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

- Около области зарождения трещины, где усталостная трещина распространялась медленно, поверхность часто напоминает полированную.

- Во второй, менее гладкой, зоне трещина распространяется быстрее и поверхность разрушения имеет нерегулярный характер.

- Третья зона представляет собой поверхность, по которой происходит окончательное разрушение. Эта зона может иметь либо кристаллическую (хрупкое разрушение), либо волокнистую (вязкое разрушение) поверхности.

Всегда есть опасность усталостного разрушения деталей при действии циклических напряжений.

Поэтому, чтобы избежать разрушений, необходимо выявлять усталостные трещины.

К наиболее эффективным методам неразрушающего контроля для их обнаружения относят:

- капиллярный,
- магнитный,
- ультразвуковой.

Трещины термической усталости

Разрушение деталей после многократного воздействия периодически изменяющегося во времени уровня термических напряжений представляет собой явление *термической усталости*.

Разрушение при термической усталости наступает при значительных знакопеременных пластических деформациях при общем числе теплосмен (циклов), характерном для повторно-статических нагружений.

Образование трещин бывает связано с наличием конструктивных концентраторов напряжений в местах изменения сечений, у отверстий, в галтелях, в зонах сварных швов.

Имеется тенденция к возникновению трещин термоусталости в местах с наиболее окисленными поверхностными слоями.

Для разрушения при термической усталости характерно множественное возникновение трещин, что объясняется локальностью действия термических напряжений и относительно быстрой их релаксацией.

Характерными для термоусталости являются трещины с широкими полостями и тупыми окончаниями.

Стенки большинства трещин интенсивно окислены. Степень окисления даже соседних трещин может быть различной, что свидетельствует о неодновременном возникновении трещин и об относительно медленном их развитии.

Трещины термической усталости

Трещины термоусталости могут иметь местные уширения, когда они пересекают границы зерен, неблагоприятно ориентированные для развития по ним трещин.

При наличии на пути трещин границы зерна, ориентированной под острым углом к их траектории, трещины могут ветвиться. Такие трещины называются "**паукообразными**".

Главным фактором в процессе термической усталости является максимальная температура цикла.

Циклы нагрева оказываются более опасными, чем охлаждения, поскольку значение максимальной деформации при растяжении определяется максимальной температурой.

Значение остаточной деформации растяжения поверхности определяется временем пребывания изделия при максимальной температуре цикла.

Трещины (преимущественно межзеренные) образуются на поверхности изделия.

Несмотря на сходство явлений термической и химической усталости, необходимо учитывать, что действие повторных нагревов сопровождается сложным комплексом явлений, проходящих в материалах при высоких температурах:

- окислением,
- старением,
- рекристаллизацией,
- ползучестью.

Трещины коррозионной усталости

Коррозионная усталость проявляется при одновременном воздействии на металл циклических напряжений и коррозионных сред.

Характеризуется понижением предела выносливости металла.

С увеличением напряжения увеличивается роль механического фактора, с уменьшением напряжения и увеличением агрессивности среды - коррозионного.

Одновременное действие коррозионной среды и переменного напряжения оказывают более сильное влияние, чем их суммарное, но раздельное действие.

Разрушение при коррозионной усталости может начаться при напряжениях значительно ниже предела выносливости.

Увеличение частоты переменного напряжения интенсифицирует влияние среды, причем для изделий с порами, трещинами и другими концентраторами напряжений больше, чем для гладких, а для закаленных больше, чем для отожженных.

Причины коррозионной усталости:

- локализация электрохимических анодных процессов (при коррозии в растворах электролитов)
- локализация химических процессов (при газовой коррозии) на участках концентрации механических напряжений (поры, трещины, скопления вакансий, дислокаций и т.п.).

Трещины коррозионной усталости

Повреждению подвержены в большей или меньшей степени все конструкционные сплавы на основе железа, алюминия, никеля, меди и других металлов.

Одна из особенностей коррозионной усталости углеродистых и низкоуглеродистых сталей - повышение условного предела выносливости по мере увеличения размера деталей (при испытании на воздухе наблюдается обратная закономерность). Эта инверсия указанной закономерности наиболее заметна при увеличении размеров деталей до 50 ... 60 мм.

Коррозионно-усталостное разрушение начинается, как правило:

- после существенного повреждения поверхности,
- образования на ней язв, каверн,
- межкристаллитной коррозии.

От этих очагов может практически одновременно начаться развитие многих трещин.

Коррозионно-усталостные трещины - это в большинстве случаев многочисленные трещины, разветвляющиеся по мере роста и заканчивающиеся пучками, напоминающими корневую систему растений.

Они менее ориентированы, чем при усталостном разрушении без коррозионного влияния среды.

При коррозионно-усталостном нагружении разрушение может проходить как по границам, так и по телу зерен.

Трещины контактной усталости

Особый вид разрушения представляют собой контактные усталостные выкрашивания, образующиеся на поверхности металлических деталей при многократном приложении контактных нагрузок и относительно возвратно-поступательном движении.

Поверхностные контактные разрушения - ***фреттинг-коррозия или контактная усталость*** являются не полным разрушением, а сочетаниями многочисленных, часто очень мелких сколов.

Контактное усталостное выкрашивание (образование питтингов) с последующим развитием усталостного разрушения по сечению деталей наблюдается в таких деталях, как подшипники качения и скольжения, на зубьях шестерен, замковых соединениях и пр.

В условиях переменного контакта на поверхностях деталей образуются развальцованные языки, более твердые по сравнению с основным материалом из-за деформационного упрочнения. Сильная развальцовка языков может привести к образованию следов сдвига, которые могут быть местами зарождения усталостных трещин.

Причиной образования питтинга служат:

- местные перегрузки,
- недостаточная смазка.

Только большие силы трения могут привести к образованию длинных деформационных языков, которые вызывают питтинговое разрушение боковых сторон зубьев шестерен.

Кавитационное растрескивание

Кавитация означает образование полости на поверхности твердого тела при разрушении газообразных пузырьков.

Лопающиеся пузырьки производят разрушения в слое металла на границе с жидкостью.

Усталостная кавитация наблюдается, когда колеблющаяся стенка граничит с жидкостью (например в циклически нагружаемых подшипниках скольжения).

РАСТРЕСКИВАНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Термические напряжения - это напряжения, возникающие в связи с изменением теплового состояния металла изделия при его нагреве, охлаждении, а также длительном пребывании при повышенной или пониженной температуре.

Разрушения под действием термических напряжений происходят только вследствие теплового градиента, без приложения внешней механической нагрузки.

Причиной возникновения трещин при этом является образование локальных полей напряжений.

Каждое изменение температуры из-за перепада температур по сечению изделий вызывает даже в не имеющих превращений металлах и сплавах существенные тепловые напряжения.

Если к тому же температура превышает температуру превращения, то образуются новые фазы и модификации, имеющие различные удельные объемы.

Это сопровождается возникновением дополнительных структурных напряжений, связанных с превращениями.

Резкое одноразовое высокоскоростное (десятки, сотни градусов в 1 с) и неоднородное изменение температуры металла приводит к возникновению так называемых **термоударных трещин**.

РАСТРЕСКИВАНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

В участках изделия, примыкающих к поверхности, при охлаждении возникают растягивающие напряжения, в глубине изделия - сжимающие.

В начальной стадии напряжение в резко охлажденном тонком внешнем слое очень велико, поскольку зоны материала, расположенные в глубине, допускают деформацию только в ограниченной степени.

Действие таких термических напряжений, например, растрескивание при закалке, может проявляться не в момент изменения теплового состояния (охлаждения), а спустя некоторое время (иногда спустя несколько суток) в результате постепенного накопления напряжений, возникающих при изменении удельных объемов структурных составляющих металла.

Общий уровень остаточных термических напряжений зависит:

- от предела текучести материала,
- его модуля упругости E ,
- коэффициента теплопроводности,
- формы изделия,
- температурного градиента,
- продолжительности (резкости) охлаждения.

Действие термических напряжений усиливается при наличии резких изменений сечений изделия (выточки отверстия и пр.) и дефектов металла, концентрирующих тепловые напряжения.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

При воздействии ионизирующих излучений (рентгеновское, α , β , γ , протонное, нейтронное) на конструкционные материалы, последние получают определенные повреждения, определяемые количеством энергии, поглощенной материалом.

К числу таких радиационных повреждений относятся:

- вакансии,
- внедренные атомы,
- примесные атомы,
- термические пики,
- ионизационные эффекты.

Вакансия представляет собой узел решетки, в котором в результате взаимодействия с излучением отсутствует атом. Образуются в твердых телах при столкновении быстрых нейтронов, осколков деления ядер и других быстрых частиц с атомами решетки.

Внедрившиеся в междоузлия атомы - атомы, сместившиеся из своих устойчивых положений в решетке.

Примесные атомы образуются в результате ядерных реакций, протекающих при захвате нейтронов ядром атома (радиационное легирование). Внедряясь в решетку облучаемого вещества, они могут значительно изменять его свойства.

Термические пики обусловлены колебаниями узлов решетки вдоль пути движения быстрых либо заряженных частиц, выбитых из своего места атомами решетки. В локальных объемах (~ 10 - 17 см³) возникают большие перегревы (до 103 К).

Ионизационные эффекты наблюдаются, когда ионизирующие излучения, проходя через вещество, вызывают в нем ионизацию, следствием чего является разрыв химических связей, образование радикалов и т.д.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Облучение металлов:

- увеличивает подвижность атомов,
- ускоряет фазовые и структурные превращения,
- ограничивает число активных полос скольжения,
- увеличивает число дислокаций, движущихся через полосы скольжения, что в конечном итоге приводит к упрочнению и охрупчиванию металлов.

Нейтроны, помимо образования дефектов кристаллической решетки в результате смещения атомов, могут захватываться атомными ядрами с последующим превращением этих ядер в новые (примесные) элементы. Непрерывное образование новых, химически нежелательных, атомов в сложных сплавах при облучении может оказать значительное влияние как на механические свойства, так и на металлургическую стабильность сплавов. Однако для большинства конструкционных материалов количество примеси, внесенной таким образом, меньше уже присутствующей.

Ядерные превращения становятся металлургически важными, когда в результате образуются такие продукты, как гелий и другие благородные газы, не растворяющиеся в решетке,

Если произойдет пресыщение кристаллической решетки этими атомами в результате продолжительного облучения, они могут либо начать взаимодействовать с соседними мигрирующими вакансиями с образованием простых агрегатов, либо гомогенно накапливаться с образованием газовых пузырей на границах зерен.

Образующийся при облучении водород способствует охрупчиванию металлов.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Слияние вакансий:

- способствует формированию пустот (радиационная пористость),
- вызывает заметное распухание и коробление металла.

Физические и химические неоднородности (различного типа дефекты, примесные атомы), возникающие при облучении металлов, существенным образом изменяют их свойства:

- возрастает удельное электросопротивление;
- повышается склонность к коррозионному растрескиванию;
- металлы охрупчиваются: предел текучести, предел прочности, твердость возрастают, пластичность снижается; падает значение длительной прочности.

Радиационная стойкость материала - это способность материала сохранять исходный химический состав, структуру и свойства в процессе облучения и (или) после воздействия ионизирующих излучений.

Количественно характеризуется максимальным значением поглощенной дозы (Грей), при которой материал становится непригодным для конкретных условий применения.

Предварительная радиационно-термическая обработка - облучение и отжиг - позволяет увеличить радиационную стойкость в 10 ... 15 раз.

При исследовании металлов на радиационную стойкость наиболее чувствительным является метод измерения электросопротивления, т. к. их электрическое сопротивление возрастает за счет образования радиационных дефектов.