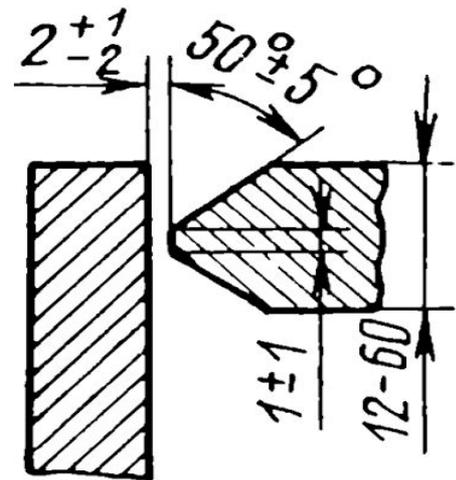
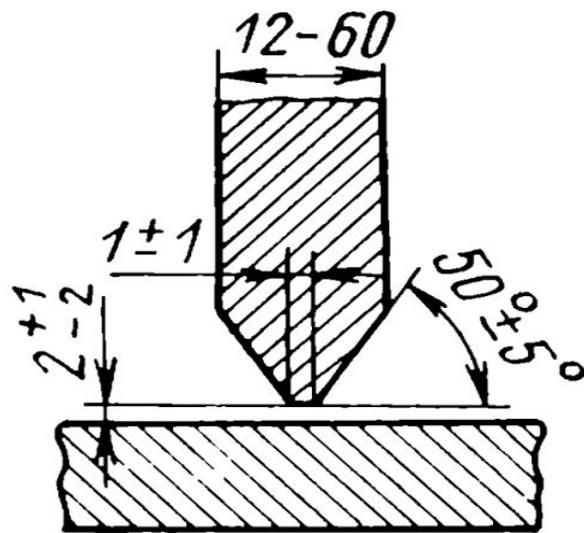
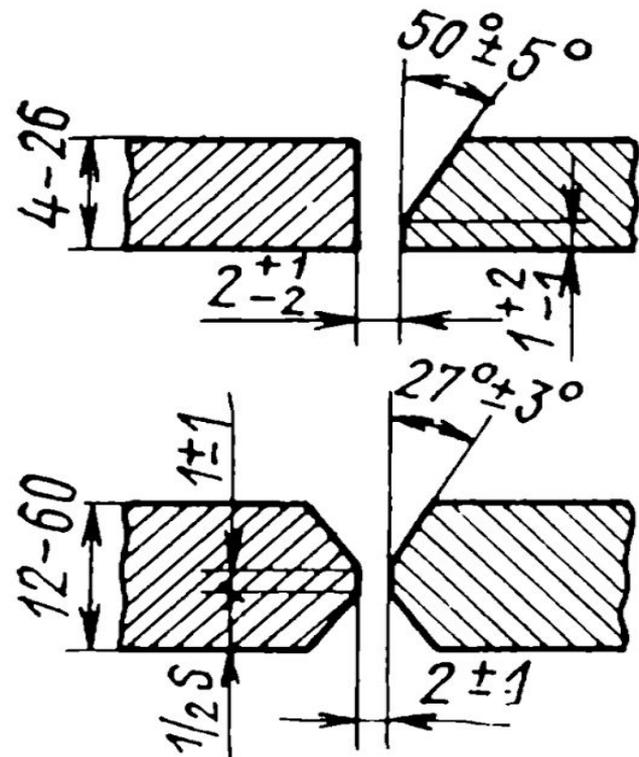
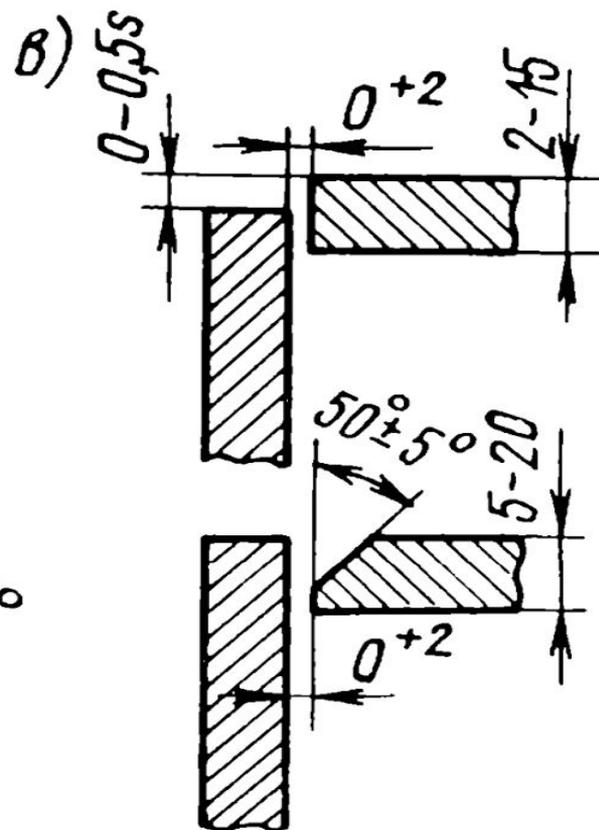
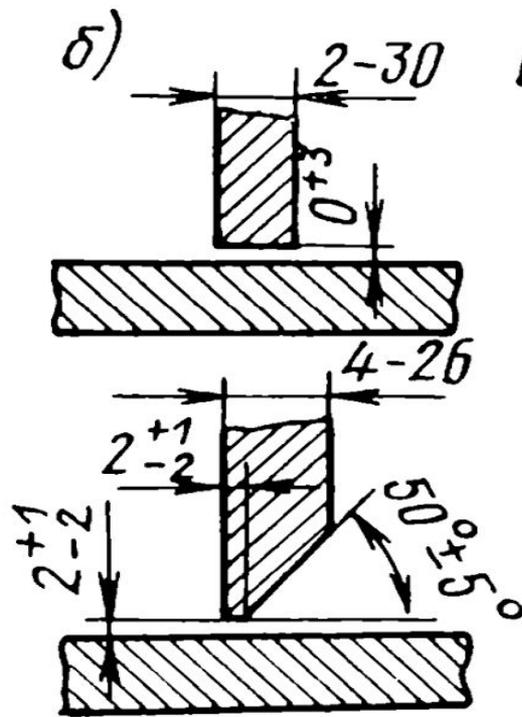
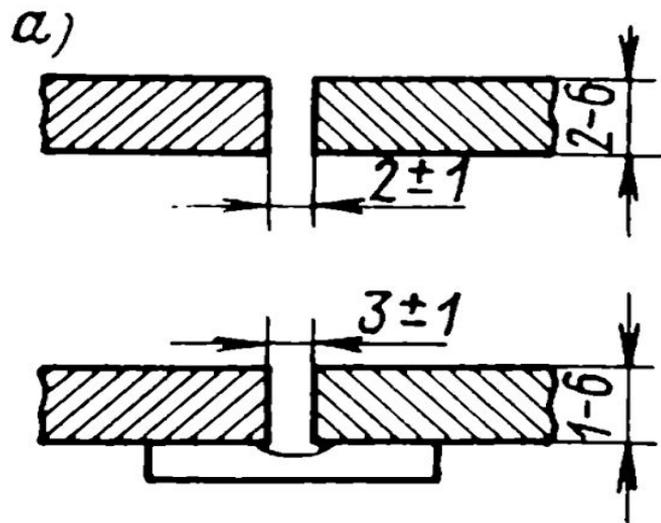
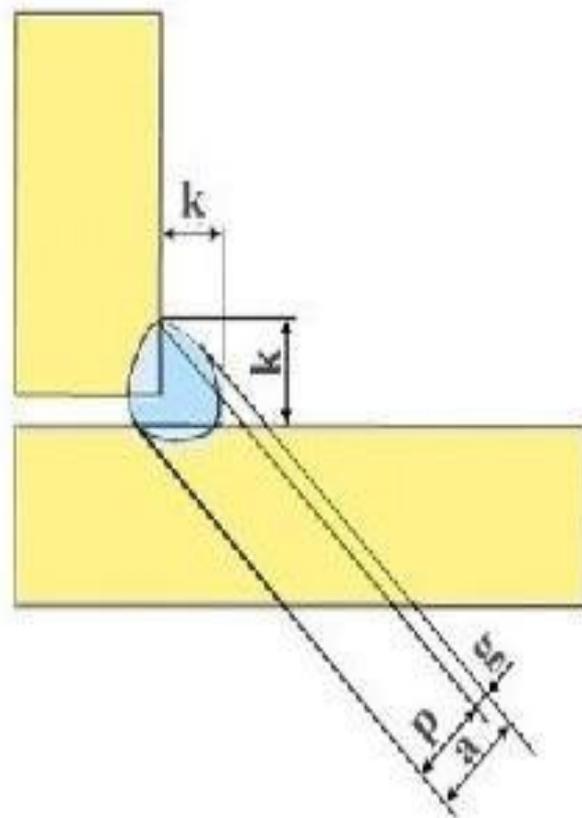
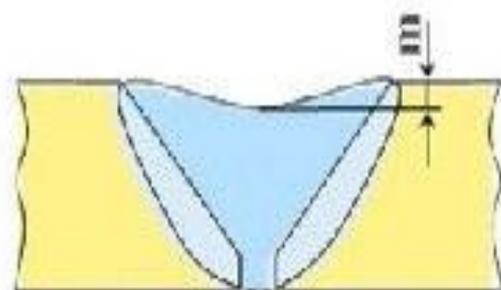
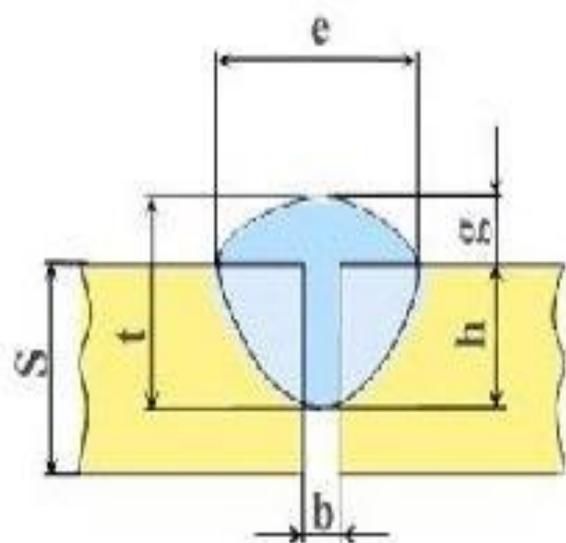




1. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.





- толщина детали (**S**);
- ширина шва (**e**);
- выпуклость (**g**);
- вогнутость (**m**);
- глубина проплавления (**h**);
- толщина стыкового шва (**t**);
- зазор в стыке (**b**);
- катет углового шва (**k**);
- расчетная высота углового шва (**p**);
- толщина углового шва (**a**).

Критерии качества сварных соединений

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.

СТБ ИСО 2553-2004

Соединения сварные и паяные. Условные изображения и обозначения на чертежах

ГОСТ 5264-80

**Ручная дуговая сварка. Соединения сварные
Основные типы, конструктивные элементы и размеры**

ГОСТ 16037-80

**Соединения сварные стальных трубопроводов.
Основные типы, конструктивные элементы и размеры**

ГОСТ 8713-79

**Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные
элементы и размеры. Сварка, пайка и термическая резка металлов**

ГОСТ 11533-75

**Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом.
Соединения сварные под острыми и тупыми углами.
Основные типы, конструктивные элементы и размеры**

ГОСТ 11534-75

Сварка, пайка и термическая резка металлов.

**Часть 2. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами.
Основные типы, конструктивные элементы и размеры**

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Окалиностойкость
Антикоррозионные
свойства

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Магнитные
Тепловые
Объемные
Электрические

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Износостойкость
Теплостойкость
Жаропрочность

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Свариваемость
Закаливаемость
Прокаливаемость
Обрабатываемость резанием

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

СТАТИЧЕСКИЕ

Прочностные -
(HRC, предел прочности)
Пластические -
(относительные
удлинение и сужение)

ДИНАМИЧЕСКИЕ

Ударная вязкость -
KCV, KCU, KCT

УСТАЛОСТНЫЕ

Предел усталости

Прочность - свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих под воздействием внешних сил. Меры прочности – предел текучести, временное сопротивление, предел усталости и т.д.)

Пластичность - способность металла изменять форму и размеры под действием внешней нагрузки и сохранять новую форму и размеры после прекращения действия сил. Чем больше пластичность, тем легче металл куется, штампуется, прокатывается.

Твёрдость - свойство материала не испытывать пластической деформации вследствие местного контактного воздействия.

Вязкость - способность металла оказывать сопротивление быстро возрастающим (ударным) нагрузкам. Вязкие металлы применяются в тех случаях, когда детали при работе подвергаются ударной нагрузке (детали вагонов, автомобилей и т. п.).

СТАЛЬ

углеродистая

легированная

конструкционная

инструментальная

конструкционная

инструментальная

с особыми
химическими
свойствами

Углерод (С) – одна из важнейших примесей, определяющая прочность, пластичность, закаляемость и другие характеристики стали. Углеродистые стали составляют примерно 80 % от всего объема выплавляемой стали.

С повышением содержания С прочность и твердость стали растут, а пластичность и вязкость, наоборот, снижаются. Кроме того, увеличение содержания С приводит к повышению порога хладноломкости: каждая десятая доля процента повышает порог примерно на 20°. Это значит, что сталь уже с 0,4 % С переходит в хрупкое состояние примерно при 0 °С, т. е. менее надежна в эксплуатации.

Влияет содержание С и на все технологические свойства стали: чем больше в стали углерода, тем она труднее обрабатывается резанием, хуже деформируется (особенно в холодном состоянии) и хуже сваривается.

Карбиды - это соединения углерода с электроположительными элементами (металлами и некоторыми неметаллами). К общим свойствам карбидов относится твердость. Она может быть больше, или меньше, но всегда выше среднего. У некоторых представителей группы показатель близок к корунду и алмазу. Это самые твердые минералы на земле. Обобщает карбиды и высокая температура плавления. У некоторых из них размягчение может начинаться лишь при 3000 градусов Цельсия.

Карбиды вольфрама и тантала используют для изготовления режущих инструментов и получения сверхтвердых сплавов.

Карбид титана - основа безвольфрамовых, но столь же твердых сплавов. К тому же, соединение служит напылением инструментария, в основном, промышленного и строительного. Такое напыление сводит к минимуму износ деталей и позволяет обрабатывать ими даже самые твердые материалы.

Карбид кремния (карборунд) используют в качестве абразива. В природном виде, коим является минерал муассанит, соединение ценится ювелирами, причем выше, чем близкий по виду и свойствам фианит.

Карбид бора применяют в качестве огнеупора. Температура плавления соединения составляет почти 2500 градусов Цельсия. Прочность карбида позволяет добавлять его в бронезилеты. Защитить материал способен не только от пуля, но и радиации.

Карбид кальция нужен при сварочных работах. Из соединения получают ацетилен. Карбид служит его источником, и заодно, топливом для машин кислородной сварки.



ВРЕДНЫЕ ПРИМЕСИ

Фосфор (P) и **сера (S)**. Фосфор придаёт стали хладноломкость (хрупкость). Сера — самая вредная примесь — придаёт стали красноломкость (возникновение поверхностных надрывов и трещин при деформации металла).

Содержание вредных примесей в стали:

Обыкновенного качества — P и S — до 0,05 % (маркировка Ст).

Качественная — P и S — до 0,035 % (маркировка Сталь).

Высококачественная — P и S — до 0,025 % (маркировка А в конце марки).

Особовысококачественная — P и S — до 0,015 % (маркировка Ш в конце).

Азот (N) растворяется в ничтожно малом количестве жидкого расплава и загрязняет сталь неметаллическими включениями (нитридами, газовой фазой). Оказывает отрицательное воздействие на свойства стали, вызывая повышение хрупкости и порога хладноломкости, а также снижает вязкость и выносливость. Азот увеличивает прочность и твердость стали, но снижает пластичность. Повышенное количество азота вызывает деформационное старение (потеря пластичности с увеличением твердости, понижением предела текучести и предела прочности).

Сильно ухудшает механические и технологические свойства (ковкость, коррозионную стойкость и т. п.) стали окисление **кислородом (O)**, и поэтому кислород является вредной примесью. Процесс удаления кислорода из жидких сталей называется раскислением. Нераскисленная сталь обладает недостаточной пластичностью и подвержена хрупкому разрушению при горячей обработке давлением. Степень раскисления определяется содержанием кремния (Si) в этой стали. По степени раскисления углеродистые стали обыкновенного качества делятся на:

спокойные (СП) — не менее 0,12 % (Si)

полуспокойные (ПС) — 0,07-0,12 % (Si)

кипящие (КП) — не более 0,07 % (Si)

Увеличение содержания **водорода (H)** в сталях и сплавах приводит к увеличению хрупкости. Кроме того, в изделиях проката могут возникнуть флокены (внутренние трещины в стальных поковках и прокатной продукции (иногда в слитках и отливках)), которые развивает водород, выделяющийся в поры. Флокены инициируют процесс разрушения. Металл, имеющий флокены, нельзя использовать в промышленности.

ЛЕГИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Алюминий (Al) – содержание до 1% в легированных сталях позволяет им, в процессе азотирования образовать более твердый, износостойчивый наружный слой.

Марганец (Mn) всегда присутствует в сталях до максимального содержания 1,5 % для нейтрализации вредного влияния примесей, остающихся после их удаления. В больших количествах (вплоть до 12,5 %) марганец улучшает износостойчивость сталей, повышает прочность и твердость, увеличивает прокаливаемость, уменьшает коробление при закалке, повышает режущие свойства стали, но вместе с тем способствует росту зерна при нагреве, чем снижает стойкость стали к ударным нагрузкам.

Кобальт (Co) повышает критическую скорость закалки стали при термобработке. Это позволяет инструментальным сталям работать при высоких температурах без разупрочнения (смягчающего отпуска). Повышает прочность стали при ударных нагрузках, улучшает жаропрочность и магнитные свойства стали.

Хром (Cr) затрудняет рост зерна при нагреве, повышает механические свойства стали при статической и ударной нагрузке, повышает прокаливаемость и жаростойкость, режущие свойства и стойкость на истирание. При значительных количествах хрома сталь становится нержавеющей и жаростойкой.

Никель (Ni) способствует увеличению прочности и улучшению структуры сплава, повышает упругие свойства стали, не снижая вязкости, противодействует росту зерна, улучшает прокаливаемость и механические свойства стали. При значительных количествах никеля сталь становится немагнитной, коррозионностойкой и жаропрочной. К сожалению, никель имеет склонность разупрочнять сталь, графитизируя карбиды.

Так как никель и хром обладают противоположными свойствами, их часто используют в сочетании (хромоникелевые стали). Их преимущества дополняют друг друга, в то время как их нежелательные воздействия взаимно уравновешиваются.

Свинец (Pb) - содержание до 0,2 % улучшает обрабатываемость сталей, однако за счет уменьшения прочности и вязкости.

Ванадий (V) в легированных сталях содержится в количестве 0,2-0,8%. Этот элемент усиливает влияние других присутствующих легирующих элементов и сам оказывает на легированные стали множество самых разнообразных воздействий: способствует раскислению стали, повышает твердость и режущие свойства стали, противодействует росту зерна.

Вольфрам (W) способствует формированию очень твердых карбидов и, так же как и присутствие кобальта, повышает критическую скорость закалки стали при термообработке. Это позволяет вольфрамовым сталям (быстрорежущим сталям) сохранять свою твердость при высоких температурах. Вольфрамовые сплавы составляют основу высокопроизводительных инструментов и штамповой стали.

Молибден (Mo) повышает сопротивление ползучести сталей при высоких температурах; стабилизирует в них карбиды; способствует раскислению стали, противодействует росту зерна, повышает твердость и режущие свойства стали.

Титан и ниобий (Ti и Nb) в коррозионностойких и жаропрочных сталях содержатся в количестве до 1%. Они снижают чувствительность стали к межкристаллитной коррозии, вместе с тем ниобий в сталях типа 18-8 способствует образованию горячих трещин. Титан является раскислителем стали, способствуя также удалению из нее азота, благодаря чему сталь получается более плотной, однородной и жаропрочной.

Медь (Si) содержится в сталях как примесь (в количестве до 0,3% включительно), как добавка в низколегированных сталях (0,15 до 0,5%) и как легирующий элемент (до 0,8-1%). Она повышает коррозионные свойства стали, не ухудшая свариваемости.

Элемент	Символ	Обозначение в марке	
		чёрные	цветные
Алюминий	Al	Ю	А
Вольфрам	W	В	-
Железо	Fe	-	Ж
Кобальт	Co	К	К
Марганец	Mn	Г	Мц (Mр)
Медь	Cu	Д	М
Никель	Ni	-	Н
Олово	Sn	-	О
Титан	Ti	Т	ТПД
Углерод	C	У	-
Хром	Cr	х	Х (Хр)
Цинк	Zn	-	Ц

Критерии качества сварных соединений

СОЕДИНЕНИЙ

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.
2. Соответствие основного металла сварного соединения установленным требованиям. Полуфабрикаты (лист, поковка, профиль, трубы и т.п.), поступающие на предприятие, должны иметь сертификат, в котором указываются марка сплава, химический состав, номер партии и плавки, масса и показатели механических свойств - предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, поперечное сужение, угол загиба, ударная вязкость. Эти показатели должны соответствовать ТУ на поставку полуфабрикатов.

Критерии качества сварных

соединений

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.
2. Соответствие основного металла сварного соединения установленным требованиям.
3. Соответствие сварочных материалов (обмазанные электроды, проволоки, применяемые в качестве плавящихся электродов при механизированных методах сварки, сварочные флюсы, защитные (CO₂, Ar и др.) и горючие (C₂H₃ и его заменители) газы, вольфрамовые электроды) установленным требованиям.

Каждая партия **электродов** имеет сертификат, в котором указан завод-изготовитель, дата изготовления, номер и масса партии, ГОСТ или ТУ на электроды, диаметр, тип и марка электрода, механические свойства наплавленного металла, рекомендуемые режимы сварки и прокали и т. п. Каждая пачка, кроме этого, имеет этикетку, на которой частично повторяются данные сертификата. При отсутствии сертификата применять электроды запрещается.

Проволока поставляется в бухтах с металлическими бирками, где указаны завод-изготовитель, номер плавки и марка проволоки согласно стандарту. В сертификате на сварочную проволоку указываются диаметр и марка проволоки, завод-изготовитель, номер плавки металла, из которого изготовлена проволока, вес проволоки, химический состав и номер стандарта. Проволока не должна иметь окислов, следов смазки и грязи. При необходимости ее очищают механическим или химическим способом.

Качество **флюса**, поступившего с завода-изготовителя и имеющего сертификат с указанием его химического состава и грануляции, определяют в соответствии с ГОСТ 9087—59 или ТУ путем сварки пластин или стыков труб на режимах, обусловленных технологическим процессом. Если в швах, наплавленных под слоем флюса, имеются поры или трещины, то тщательно проверяют гранулометрический состав, однородность, объемный вес, влажность и загрязненность флюса (если влажность превышает 0,1%, флюс просушивают).

Защитные газы (углекислый газ, аргон, гелий) поставляются в баллонах, которые должны иметь сертификат завода-поставщика с указанием ГОСТ, названия газа, процентного количества примесей, влажности и даты выпуска. Использование баллонов с защитными газами, не имеющих сертификатов, запрещается.

Свариваемость — свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Свариваемость оценивается **степенью соответствия свойств** сварного соединения тем же свойствам основного материала и его **склонностью к образованию дефектов**. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо свариваемые.

Оценку свариваемости проводят по химическому составу стали.

К первой группе относят наиболее распространенные марки низкоуглеродистых и легированных сталей ($[C] \leq 0,38$), сварка которых может быть выполнена по обычной технологии, т.е. без подогрева до сварки и в процессе сварки, а также без последующей термообработки. Термообработка рекомендуется промежуточная для литых деталей с большим объемом наплавленного металла и для ответственных конструкций, работающих при динамических нагрузках или высоких температурах.

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Хорошо сваривающиеся	380-94*	Низкоуглеродистые Ст1-Ст4 (кп, пс, сп)
	1050-88	Ст 08-25 (кп, пс)
	803-81	11ЮА, 18ЮА
	4041-71	08Ю, 25пс
	5520-79	15К, 16К, 18К, 20К, 22К
	5521-93	А, А32, А36, А40, В, Д, Д32, Д36, Д40, Е, Е32, Е36, Е40
	5781-82	10ГТ
	977-88	15Л, 20Л, 25Л
	4543-71	Низколегированные 15Г, 20Г, 25Г, 10Г2, 12ХН, 12ХН2, 15Н2М, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХФ, 20Н2М
	19281-89	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 10Г2Б, 10Г2БД, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1, 09Г2СД, 10Г2С1Д, ЮХСНД, ЮХНДП, 14Г2АФ, 14Г2АФД, 15ГФД, 15ХСНД
	977-88	08ГДНФЛ, 12ДН2ФЛ, 13ХДНФ

Ко второй группе относят углеродистые и легированные стали ($[C]=0,39-0,45$), при сварке которых в нормальных условиях производства трещин не образуется. В эту группу входят стали, которые для предупреждения образования трещин необходимо предварительно нагревать, а также подвергать последующей термообработке. Термообработка до сварки различная и зависит от марки стали и конструкции детали. Детали машин из проката или поковок, не имеющих жестких контуров, можно сваривать в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск). Сварка при температуре окружающей среды ниже $0^{\circ}C$ не рекомендуется. Сварку деталей с большим объемом наплавляемого металла рекомендуется проводить с промежуточной термообработкой (отжиг или высокий отпуск). В случае, когда невозможен последующий отпуск, заваренную деталь подвергают местному нагреву. Термообработка после сварки разная для различных марок сталей. При заварке мелких дефектов стали, содержащей более 0,35% углерода, для улучшения механических свойств и обрабатываемости необходима термическая обработка (отжиг или высокий отпуск по режиму для данной стали).

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Удовлетворительно свариваемые	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	30
	977-75	30Л
	4543-71	Легированные 16ХГ, 18ХГТ, 14ХГН, 19ХГН, 20ХГСА, 20ХГР, 20ХН, 20ХНР, 12ХН3А, 20ХН2М
	19281-89	15Г2АФДпс, 16Г2АФД, 15Г2СФ, 15Г2СФД
	10702-78**	20Г2С
	5781-82	18Г2С, 25Г2С
	277-88	20Г2С, 20Г2СФ, 20Г2СФД, 20Г2СФД, 20Г2СФД, 12ХН3А, 20ХН2М

К третьей группе относят углеродистые и легированные стали ($[C]=0,46-0,59$) перлитного класса, склонные в обычных условиях сварки к образованию трещин. Свариваемость сталей этой группы обеспечивается при использовании специальных технологических мероприятий, заключающихся в их предварительной термообработке и подогреве. Кроме того, большинство изделий из этой группы сталей подвергают термообработке после сварки. Для деталей и отливок из проката или поковок, не имеющих особо жестких контуров и жестких узлов, допускается заварка в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск). Без предварительного подогрева такие стали можно сваривать в случаях, когда соединения не имеют жестких контуров, толщина металла не более 14мм, температура окружающей среды не ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и свариваемые соединения имеют вспомогательный характер. Во всех остальных случаях обязателен предварительный подогрев до температуры 200°C .

Термообработка данной группы сталей назначается по режиму, выбираемому для конкретной стали.

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Ограниченно свариваемые	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	35, 40, 45
	977-88	35Л 40Л, 45Л
	4543-71	Легированные 25ХГСА, 29ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 20ХН4А, 25ХГМ, 35Г, 35Г2, 35Х, 40Х, 33ХС, 38ХС, 30ХГТ, 30ХРА, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 25ХГНМТ, 30ХГНЗА, 20Х2Н4А
	11268-76	12Х2НВФА
	977-88	35ГЛ, 32Х06Л, 45ФЛ, 40ХЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 20ХГСНДМЛ, 30ХГСФЛ, 23ХГС2МФЛ

К четвертой группе относят углеродистые и легированные стали ($[C] \geq 0,60$) перлитного класса, наиболее трудно поддающиеся сварке и склонные к образованию трещин. При сварке этой группы сталей с использованием рациональных технологий не всегда достигаются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений. Эти стали свариваются ограниченно, поэтому их сварку выполняют с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой. Перед сваркой такая сталь должна быть отожжена. Независимо от толщины и типа соединения сталь необходимо предварительно подогреть до температуры не ниже 200°C.

Термообработку изделия после сварки проводят в зависимости от марки стали и ее назначения.

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Плохо сваривающиеся	1050-88	Углеродистые 50, 55
	977-88	50Л, 55Л
	4543-71	Легированные 50Г, 45Г2, 50Г2, 45Х, 40ХС, 50ХГ, 50ХГА, 50ХН, 55С2, 55С2А, 30ХГСН2А и др.
	11268-76	23Х2НВФА
	10702-78**	38ХГНМ
	5950-2000	9Х, 9Х1
	977-88	30ХНМЛ, 25Х2Г2ФЛ
	1435-99	У7-У13А

Критерии качества сварных соединений

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.
2. Соответствие основного металла сварного соединения установленным требованиям.
3. Соответствие сварочных материалов установленным требованиям.
4. Свариваемость деталей определяют по расчётному эквиваленту углерода.
(до 0,38 % – хорошо сваривающиеся, до 0,45 % – удовлетворительно сваривающиеся, 0,46-0,59 % – ограниченно сваривающиеся, свыше 0,6 % – плохо сваривающиеся)

Технология сварки - совокупность технологических операций, выполняемых последовательно во времени при изготовлении конструкции методом сварки. В зависимости от основного назначения различают перспективные и рабочие технологические процессы.

Перспективный технологический процесс сварки включает в себя :

- последовательность технологических операций;
- разбивку конструкции на отдельные технологические узлы или элементы;
- эскизную проработку специальных приспособлений и оснастки;
- расчеты режимов основных сварочных процессов, расчеты ожидаемых сварочных напряжений и деформаций;
- сравнительную оценку разработанных вариантов технологии.

После окончательного утверждения технического проекта и принятого варианта технологии выполняют рабочее проектирование конструкции (составление конструкторской документации) и разработку рабочей технологии (составление технологической документации).

Рабочий технологический процесс сварки включает в себя:

- уточнения и изменения принципиального технологического процесса, связанные с изменением конструкции на этапе рабочего проектирования;
- разработку технологических карт, в которых указывают все параметры режима сварки, применяемые сварочные материалы и оборудование;
- краткие описания технологических приемов выполнения отдельных сварочных операций;
- требования к прочности и качеству сварных конструкций на отдельных этапах их изготовления;
- указания методов проверки точности и контроля качества соединений, узлов и готовой конструкции.

Критерии качества сварных соединений

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.
2. Соответствие основного металла сварного соединения установленным требованиям.
3. Соответствие сварочных материалов установленным требованиям.
4. Свариваемость деталей.
5. **Соблюдение технологии сварки.**

Контроль технологии сварки начинается с контроля соединения, собранного под сварку. Проверяется угол разделки, толщина притупления, ширина зазора между деталями, правильность постановки прихваток, механическая зачистка кромок и основного металла на ширине не менее 20 мм от кромки. Проверяется вся конструкция на чистоту - отсутствие грязи, масла, краски, воды, ржавчины.

При производстве сварочных работ **контролируются режимы сварки** (ток, напряжение, скорость сварки). Этот контроль в процессе сварки выполняется сварщиками-операторами по приборам. Сварщик внешним осмотром контролирует так же качество сварочных материалов, выданных ему, на предмет отсутствия грязи, масла и ржавчины.



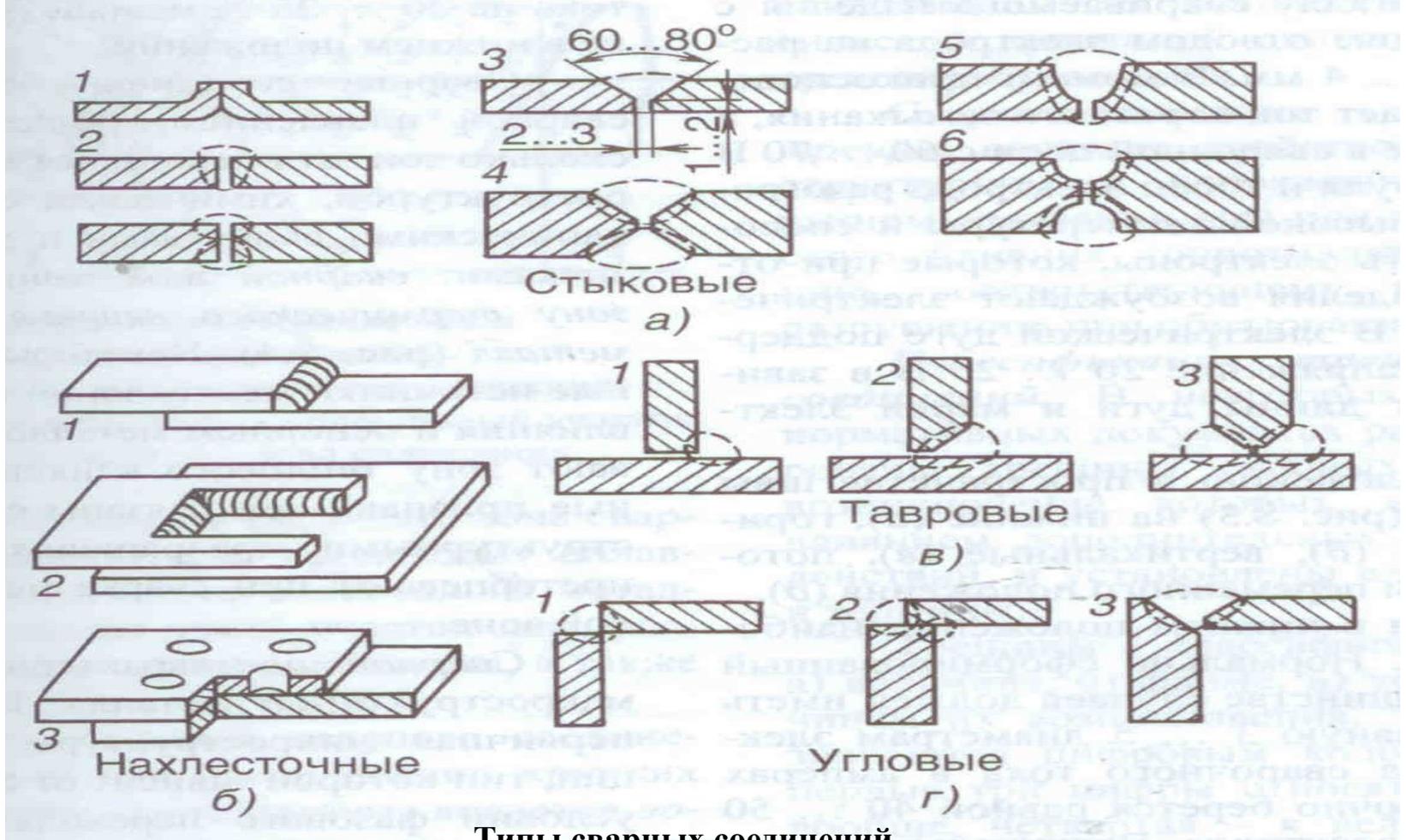
СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ — НЕРАЗЪЁМНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ВЫПОЛНЕННОЕ СВАРКОЙ. ВКЛЮЧАЕТ ТРИ ХАРАКТЕРНЫЕ ЗОНЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЯ СВАРКИ: **ЗОНУ СВАРНОГО ШВА, ЗОНУ СПЛАВЛЕНИЯ И ЗОНУ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ, А ТАКЖЕ ЧАСТЬ МЕТАЛЛА, ПРИЛЕГАЮЩУЮ К ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ.**

СВАРНОЙ ШОВ – УЧАСТОК СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ОБРАЗОВАВШИЙСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ИЛИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ ДАВЛЕНИЕМ ИЛИ СОЧЕТАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ДЕФОРМАЦИИ. МЕТАЛЛ ШВА — СПЛАВ, ОБРАЗОВАННЫЙ РАСПЛАВЛЕННЫМ ОСНОВНЫМ И НАПЛАВЛЕННЫМ МЕТАЛЛАМИ ИЛИ ТОЛЬКО ПЕРЕПЛАВЛЕННЫМ ОСНОВНЫМ МЕТАЛЛОМ.

ЗОНА СПЛАВЛЕНИЯ — ЗОНА ЧАСТИЧНО СПЛАВИВШИХСЯ ЗЁРЕН НА ГРАНИЦЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА И МЕТАЛЛА ШВА.

ЗОНА ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ — УЧАСТОК ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА, НЕ ПОДВЕРГШИЙСЯ РАСПЛАВЛЕНИЮ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОТОРОГО ИЗМЕНИЛИСЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ НАГРЕВА ПРИ СВАРКЕ ИЛИ НАПЛАВКЕ

ОСНОВНОЙ МЕТАЛЛ — МЕТАЛЛ ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ СВАРКЕ СОЕДИНЯЕМЫХ ЧАСТЕЙ.



Типы сварных соединений

а – стыковые:

1 – отбортовочные; 2 – без разделки кромок; 3 – V – образная разделка; 4 – X – образная разделка; 5 – U – образная разделка; 6 – U – образная двухсторонняя разделка;

б – нахлесточные:

1 – с односторонним лобовым швом; 2 – прорезное с односторонним лобовым и фланговым швами; 3 – заклёпочное;

в – тавровые:

1 – с односторонним фланговым швом; 2 – то же с односторонней разделкой кромки; 3 – с двухсторонним фланговым швом и двухсторонней разделкой кромок;

г – угловые:

1 – с односторонним фланговым швом; 2 – то же, с двухсторонними фланговыми швами; 3 – с V – образной разделкой кромок

2. Дефекты сварных соединений

ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012

Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах.

Часть 1. Сварка плавлением

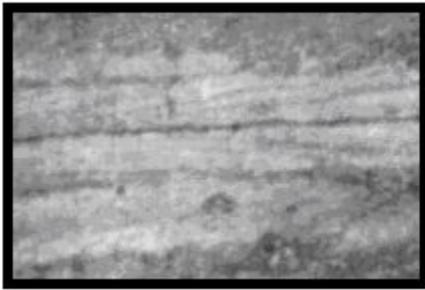
Исходя из принятых стандартов, выделяют следующие виды дефектов сварных соединений:

трещины; полости; твердые включения; непровары и несплавления; нарушение формы; прочие дефекты.

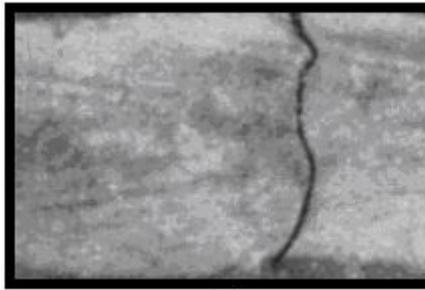
Каждый из этих видов делится на несколько подвидов.

Трещины:

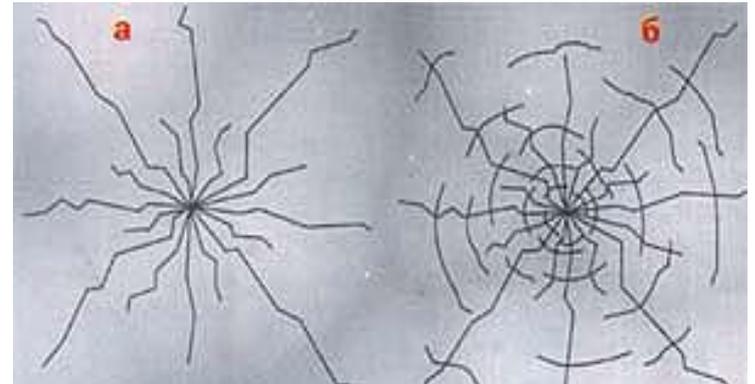
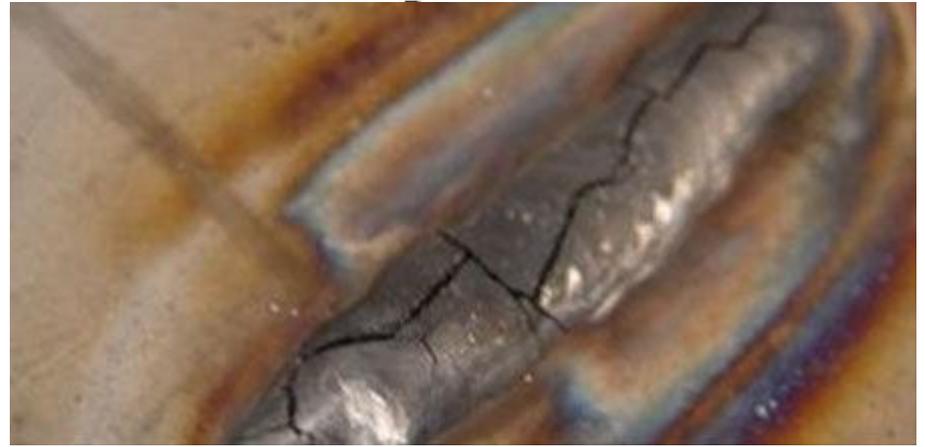
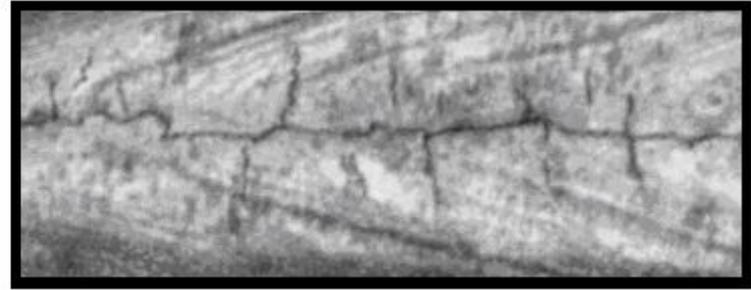
- Радиальные, которые радиально расходятся из одной условной точки;
- Поперечные, ориентация которых проходит поперек оси шва;
- Продольные, ориентация которых проходит параллельна оси шва;
- Разветвленные групповые;
- Раздельные групповые;
- Расположенные в кратере;
- Микротрещины, которые не видны невооруженным глазом.



a



б



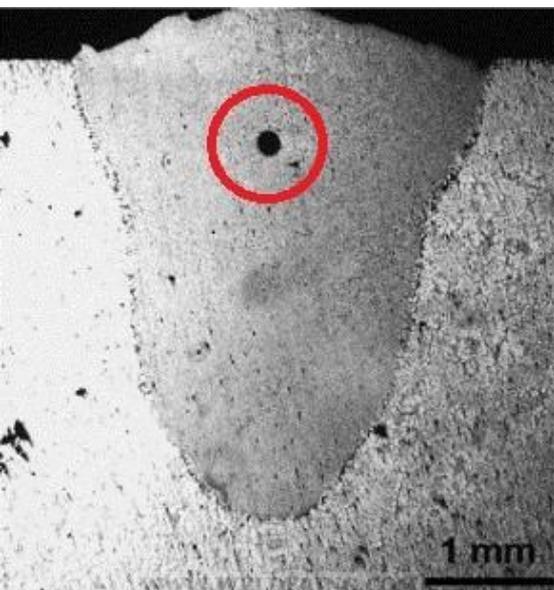
Исходя из принятых стандартов, выделяют следующие виды дефектов сварных соединений:

трещины; полости; твердые включения; непровары и несплавления; нарушение формы; прочие дефекты.

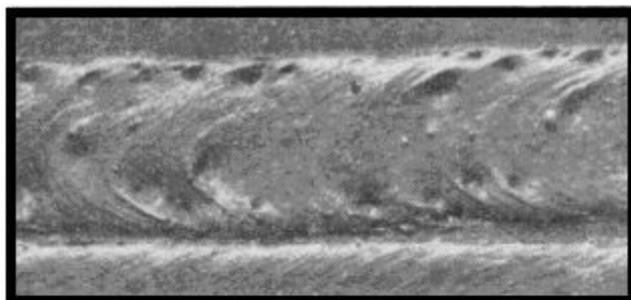
Каждый из этих видов делится на несколько подвидов.

Газовая полость произвольной формы без углов:

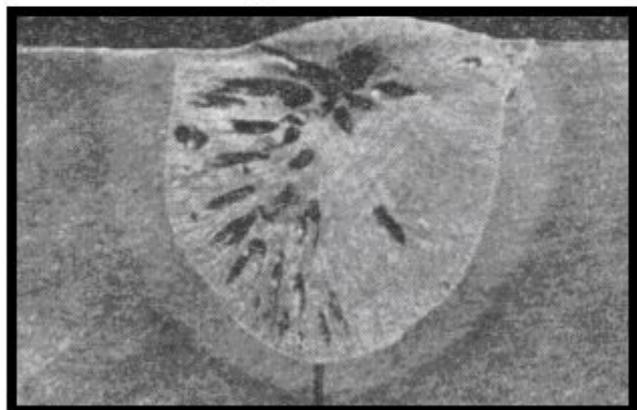
- С расположением в виде скопления;
- С равномерным распределением;
- Продолговатые полости;
- Кратеры;
- С цепочным расположением;
- Усадочные раковины



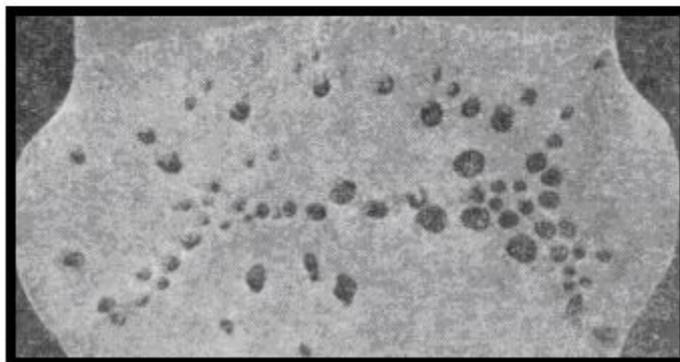
a



B



б



г



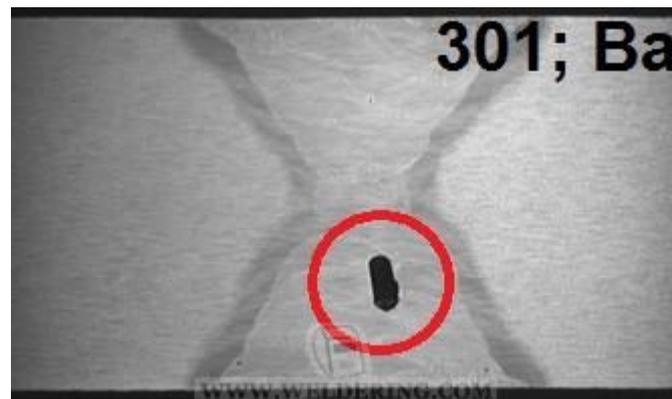
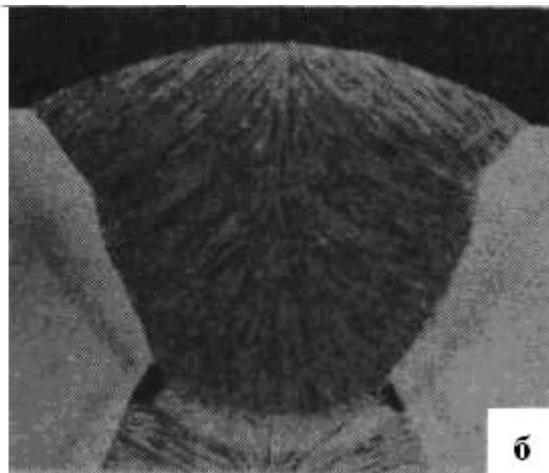
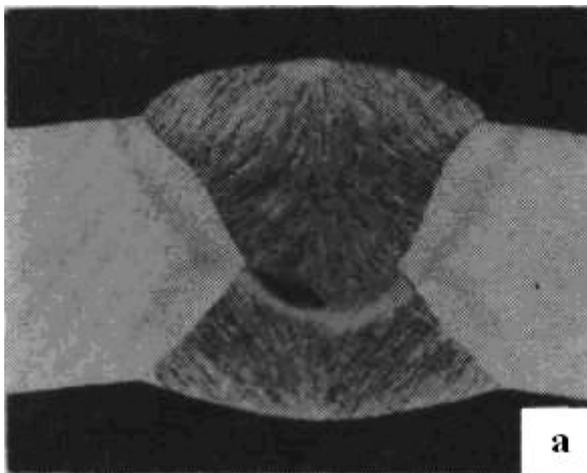
Исходя из принятых стандартов, выделяют следующие виды дефектов сварных соединений:

трещины; полости; твердые включения; непровары и несплавления; нарушение формы; прочие дефекты.

Каждый из этих видов делится на несколько подвидов.

Твердые включения — инородные предметы любого типа материала, которые оказались внутри шва.

- Остроугольные — в которых имеется хотя бы один острый угол;
- Оксидные включения — элементы содержащие кислород, к примеру, ржавчина;
- Флюсовые включения — предметы, которые попали в шов в результате применения флюса;
- Шлаковые включения — попадания в сварочную ванну неочищенных кусков шлака;
- Металлические — попадания в расплавленный металл частичек тугоплавких элементов, таких как вольфрам, медь и прочее.



Исходя из принятых стандартов, выделяют следующие виды дефектов сварных соединений:

трещины; полости; твердые включения; непровары и несплавления; нарушение формы; прочие дефекты.

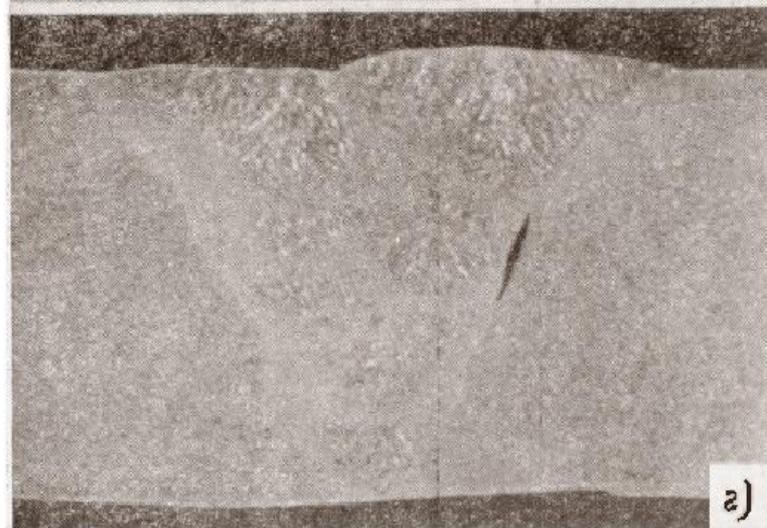
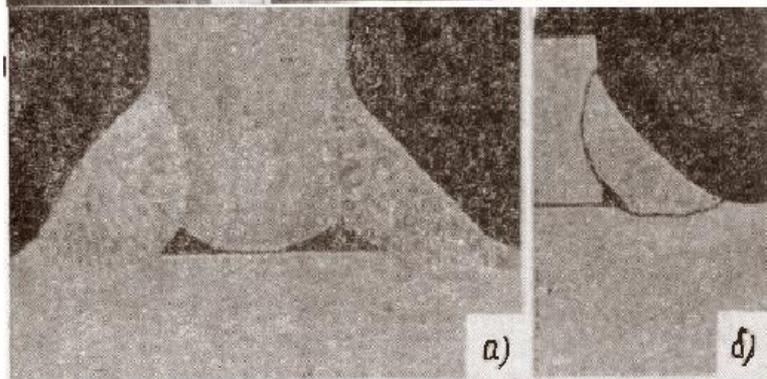
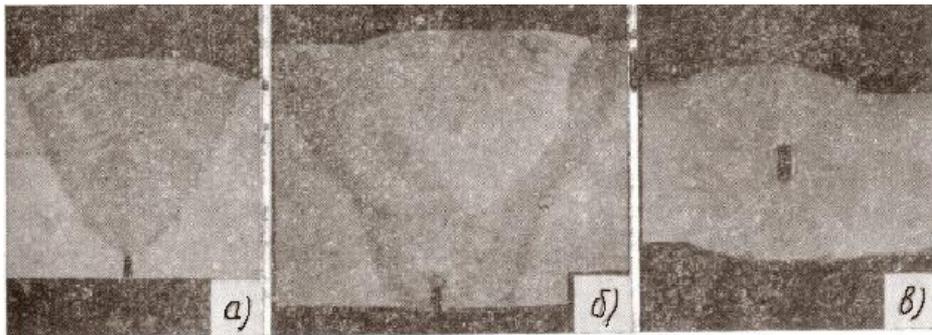
Каждый из этих видов делится на несколько подвидов.

Несплавление:

- В корне соединения;
- Между валиками;
- На боковой поверхности.

Непровар:

- На одном или нескольких небольших участках шва;
- По всей длине соединения.



Исходя из принятых стандартов, выделяют следующие виды дефектов сварных соединений:

трещины; полости; твердые включения; непровары и несплавления; нарушение формы; прочие дефекты.

Каждый из этих видов делится на несколько подвидов.

Нарушение формы:

- Наплыв;
- Подрез;
- Прожог;
- Усадочная канавка;
- Натек;
- Неровная поверхность;
- Слишком высокая выпуклость швов;
- Превышенное проплавление;
- Вогнутая структура корня;
- Неравномерное распределение ширины валика;
- Большая асимметрия соединения;
- Незаполненные разделанные кромки;
- Смещение элементов, угловое или линейное;
- Несоответствующий профиль шва.

По влиянию на эксплуатационные характеристики дефекты сварных соединений делят на объёмные и плоскостные.

Объёмные дефекты (поры, непровары, зашлаковки и т.п.) существенного влияния на работоспособность соединения не оказывают. Поэтому их нормируют по размерам или площади ослабления конструкции.

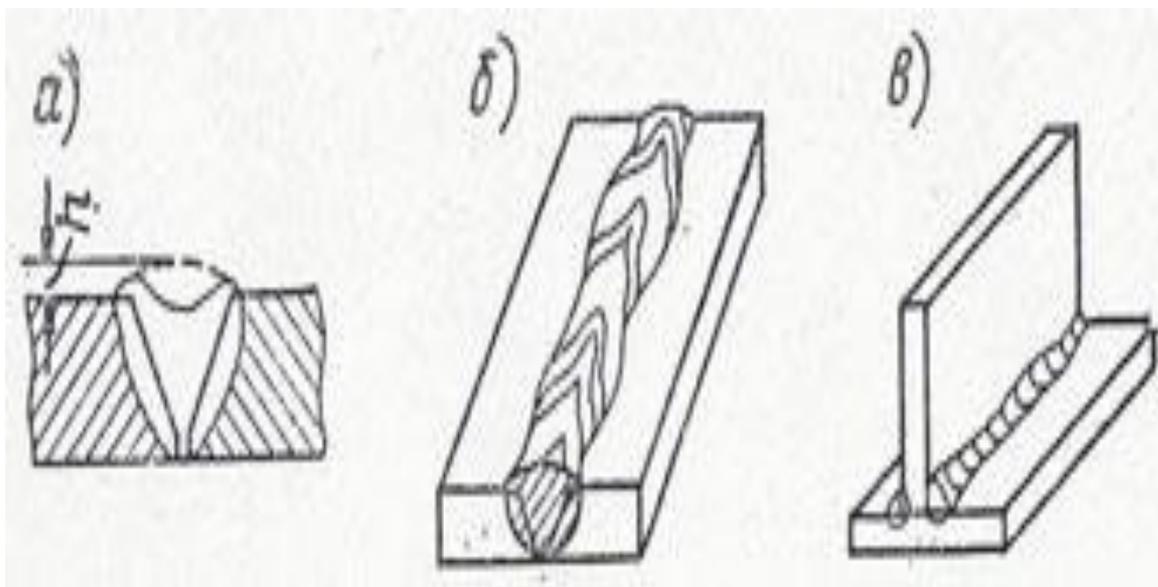
Плоскостные дефекты (трещины, плёнки, несплавления, подрезы и т.п.) значительно ослабляют прочность конструкции и считаются недопустимыми.

Наиболее часто встречающиеся дефекты можно разделить на следующие основные группы: дефекты формы и размеров, дефекты макро- и микроструктуры, деформации и коробления

Дефекты формы и размеров сварных швов

Сварка плавлением

а - неполномерность шва;
 б - неравномерность ширины стыкового шва;
 в - неравномерность по длине катета углового шва;
 h - требуемая высота усиления шва



Автоматическая сварка

- колебания напряжения в сети,
- проскальзывание проволоки в подающих роликах,
- неравномерная скорость сварки из-за люфтов в механизме передвижения,
- неправильный угла наклона электрода,
- протекание жидкого металла в зазор

Ручная и полуавтоматическая

- недостаточная квалификация сварщика,
- нарушение технологических приемов,
- плохое качество электродов и других сварочных материалов

Виды дефектов

Наплывы (натеки)

образуются чаще всего при в результате натекаания жидкого металла на кромки холодного основного металла. Они могут быть местными, в виде отдельных застывших капель, или же иметь значительную длину.



Причины возникновения

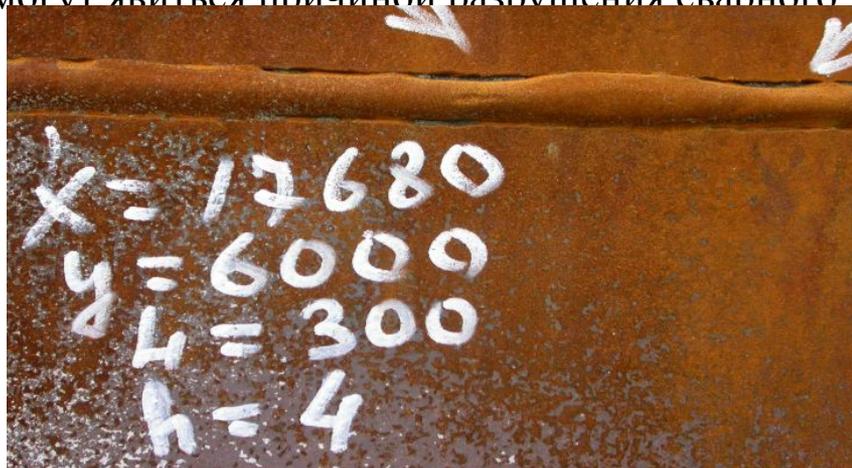
- большая величина сварочного тока,
- длинная дуга,
- неправильное положение электрода,
- большой угол наклона изделия при сварке на подъем и спуск.

В кольцевых швах наплывы образуются при недостаточном или излишнем смещении электрода с зенита.

В местах наплывов часто выявляются непровары, трещины и другие дефекты.

Подрезы - углубления (канавки), образующиеся в основном металле вдоль края шва

приводят к ослаблению сечения основного металла и могут явиться причиной разрушения сварного



- завышенный сварочный ток
- длинная дуга

При сварке угловыми швами подрезы возникают в основном из-за смещения электрода в сторону вертикальной стенки, что вызывает значительный разогрев, плавление и стекание ее металла на горизонтальную полку. В результате на вертикальной стенке появляются подрезы, а на горизонтальной полке - наплывы.

- повышенная мощность сварочной горелки
- неправильная установка формирующих ползунов.

Виды дефектов

Прожоги - проплавление основного или наплавленного металла с возможным образованием сквозных отверстий.



Причины возникновения

Автоматическая сварка

- недостаточное притупление кромок,
- большой зазор между ними,
- завышенный сварочный ток или мощность горелки при невысоких скоростях сварки.

Особенно часто прожоги наблюдаются в процессе сварки тонкого металла и при выполнении первого прохода многослойного шва.

Точечная и шовная контактная сварка

- плохое поджатие флюсовой подушки или медной подкладки
- увеличение продолжительности сварки,
- малое усилие сжатия
- наличие загрязнений на поверхностях свариваемых деталей или электродах

Виды дефектов

Причины возникновения

Незаваренные кратеры



резкий обрыв дуги в конце сварки

уменьшают сечение шва и могут
явиться очагами образования трещин

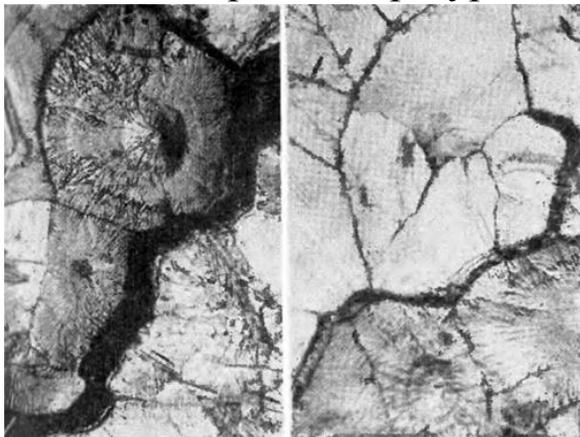
Дефекты макроструктуры
(выявляются при увеличении
не более, чем в 10 раз)

Вид сварки	Виды дефектов	Причины возникновения
<p data-bbox="48 668 349 701">Автоматическая</p> <p data-bbox="21 933 382 1011">Сварка под флюсом и электрошлаковая</p> <p data-bbox="27 1200 376 1278">Точечная и шовная контактная</p>	<p data-bbox="421 134 967 511"><i>Непровар</i> - местное несплавление основного металла с наплавленным, а также несплавление между собой отдельных слоев шва при многослойной сварке из-за наличия тонкой прослойки окислов, а иногда и грубой шлаковой прослойки внутри швов</p>  <p data-bbox="780 1186 909 1210">mig-welding.co.uk</p>	<p data-bbox="1000 101 1908 178">-плохая очистка металла от окалины, ржавчины и грязи,</p> <p data-bbox="1251 215 1657 248">- малый зазор в стыке,</p> <p data-bbox="1045 291 1862 368">- излишнее притупление и малый угол скоса кромок,</p> <p data-bbox="1035 405 1870 482">- недостаточная величина тока или мощности горелки, большая скорость сварки,</p> <p data-bbox="1064 519 1843 552">-смещение электрода в сторону от оси шва</p> <p data-bbox="1045 629 1875 819">Обычно образуются в начале процесса, когда основной металл еще недостаточно прогрет. Поэтому сварку начинают на входных технологических планках, отрезаемых в дальнейшем.</p> <p data-bbox="1000 933 1914 1011">Иногда непровары по сечению шва возникают из-за вынужденных перерывов в процессе сварки</p> <p data-bbox="1180 1168 1727 1200">-недостаточная величина тока</p> <p data-bbox="1083 1243 1823 1276">- продолжительность сварки и давления,</p> <p data-bbox="1064 1319 1843 1352">-большая рабочая поверхность электродов</p>

Виды дефектов

Причины возникновения

Горячие трещины появляются в процессе кристаллизации металла шва при температуре $1100-1300^{\circ}\text{C}$



- наличие полужидких прослоек между кристаллами наплавленного металла шва в конце его затвердевания и действие в нем растягивающих усадочных напряжений

- повышенное содержание в металле шва углерода, кремния, водорода и никеля

Обычно расположены внутри шва и трудно выявляются

Холодные трещины возникают при температурах $100-300^{\circ}\text{C}$ в легированных сталях и при нормальных температурах - в углеродистых сталях сразу после остывания шва или через длительный промежуток времени



- значительные напряжения, возникающие в зоне сварки при распаде твердого раствора

- скопление под большим давлением молекулярного водорода в пустотах, имеющих в металле шва.

Холодные трещины выходят на поверхность шва и хорошо заметны

Дефекты микроструктуры

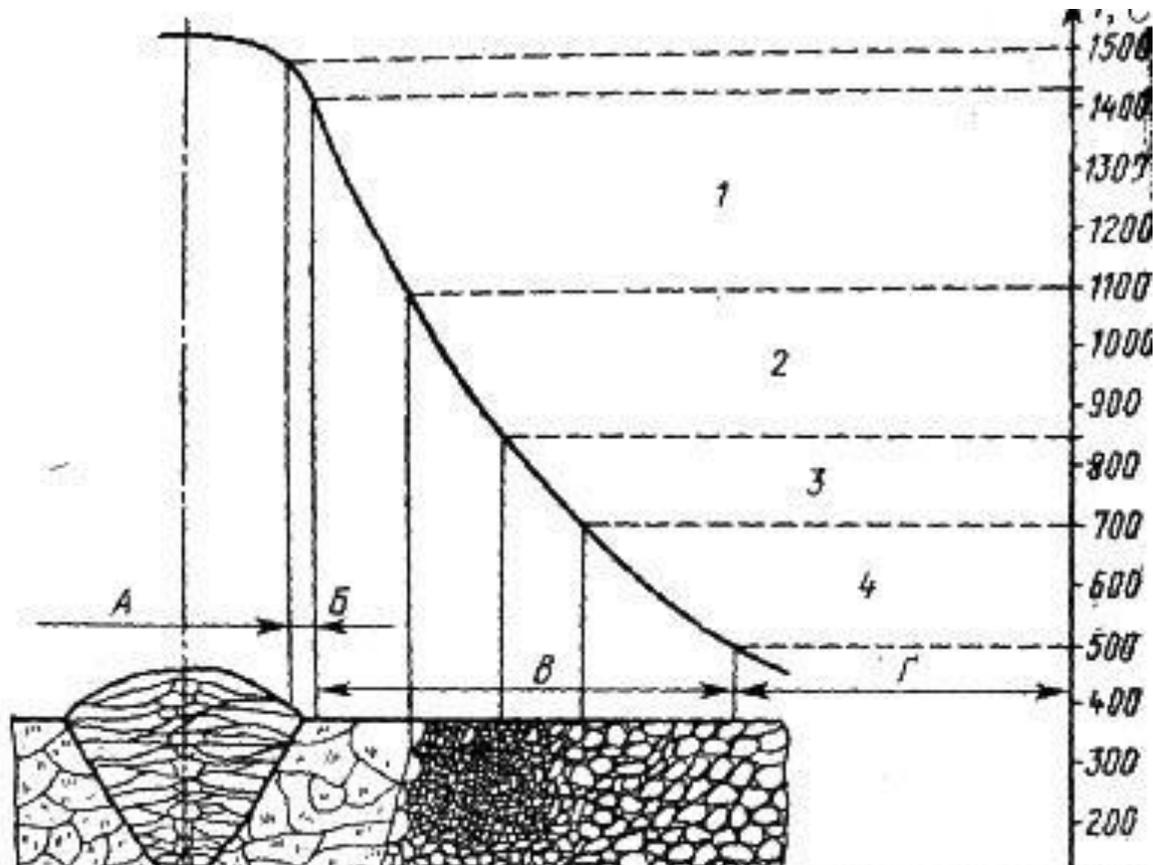
Микроструктура шва и околошовной зоны в значительной мере определяет свойства сварных соединений и характеризует их качество.

Дефектами микроструктуры сварного соединения являются:

микropopы и микротрещины, нитридные, кислородные и другие неметаллические включения, крупнозернистость, участки перегрева и пережога.

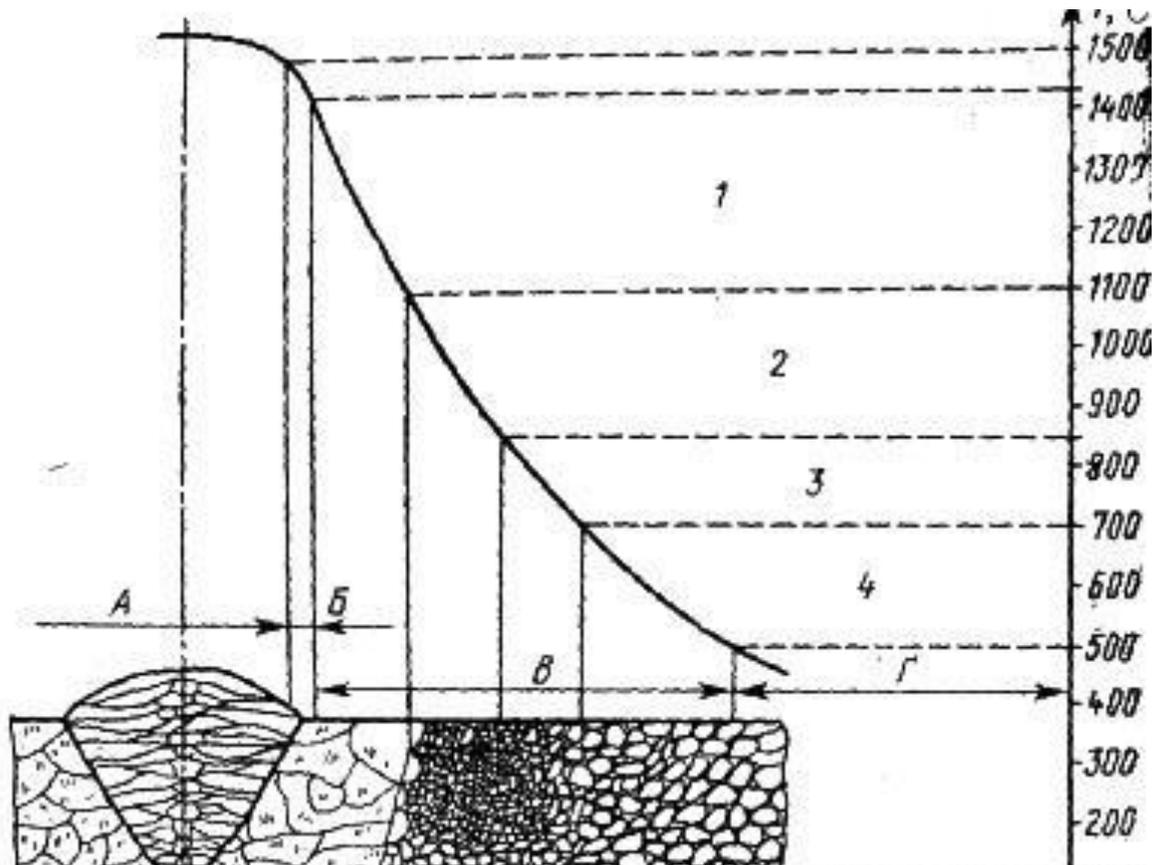
Перегрев ведет к понижению пластических свойств стали. В перегретой стали при закалке образуются трещины. На участке перегрева металл имеет крупнозернистое строение. Чем крупнее зерна, тем меньше поверхность их сцепления и выше хрупкость металла (перегретый металл плохо сопротивляется ударным нагрузкам). Перегрев металла может быть исправлен последующей термической обработкой – отжигом или нормализацией.

Наиболее опасным дефектом является **пережог**. Пережог возникает при высокой температуре сварки, плохой изоляции сварочной ванны от воздуха или избытке кислорода в пламени горелки. Физическая сущность пережога состоит в том, что кислород из окружающей атмосферы при высокой температуре проникает в глубь нагреваемого металла и окисляет границы зерен. В результате окисления границ зерен механическая связь между зернами ослабевает, металл теряет пластичность и становится хрупким. Пережог является неисправимым браком.



Зона наплавленного металла А представляет собой перемешанный в жидком состоянии с основным металлом материал электрода или присадочной проволоки.

Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали

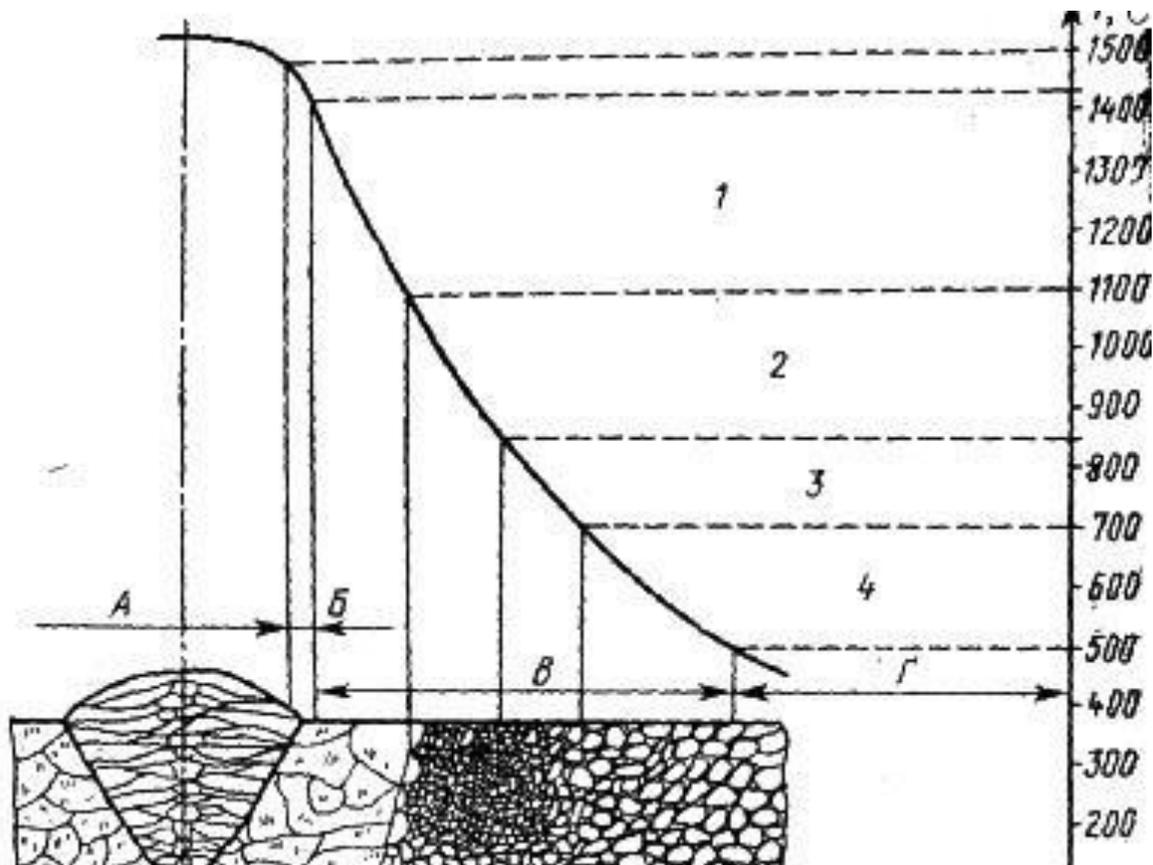


Зона сплавления Б - это слой основного металла толщиной 0,1...0,4 мм с частично оплавленными зернами. Перегрев металла в этой зоне приводит к образованию игольчатой структуры, отличающейся хрупкостью и пониженной прочностью, и оказывает значительное влияние на свойства соединения в целом.

В этой зоне наиболее часто происходит разрушение сварных конструкций.

Здесь возникают трудно выявляемые закрытые трещины

Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали

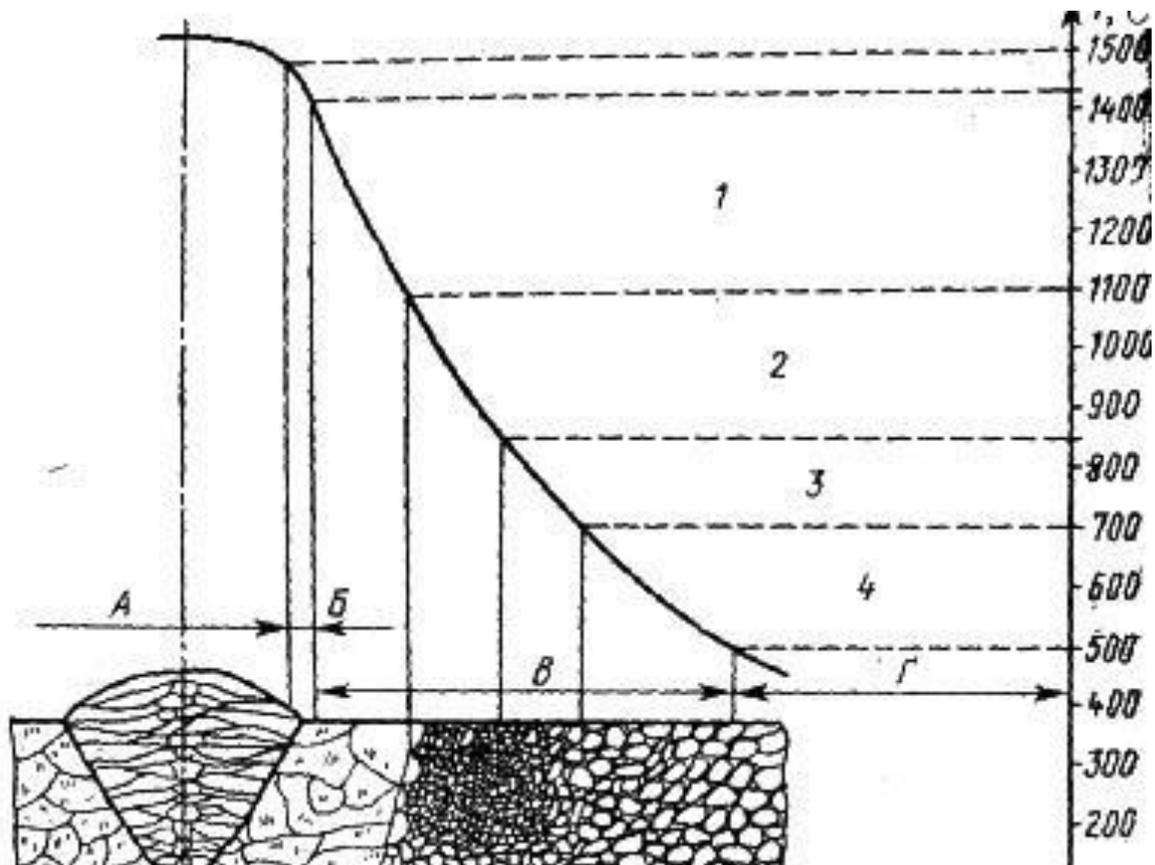


Зона термического влияния В состоит из четырех участков (1...4), различающихся структурой.

Участок перегрева 1 - область основного металла, нагретого до 1100...1450 °С и имеющего крупнозернистую структуру с площадью поверхности зерна, до 12 раз превышающей площадь исходных зерен. Перегрев снижает механические свойства металла, главным образом пластичность и вязкость.

Разрушение обычно происходит по этому участку, шириной 3...4 мм.

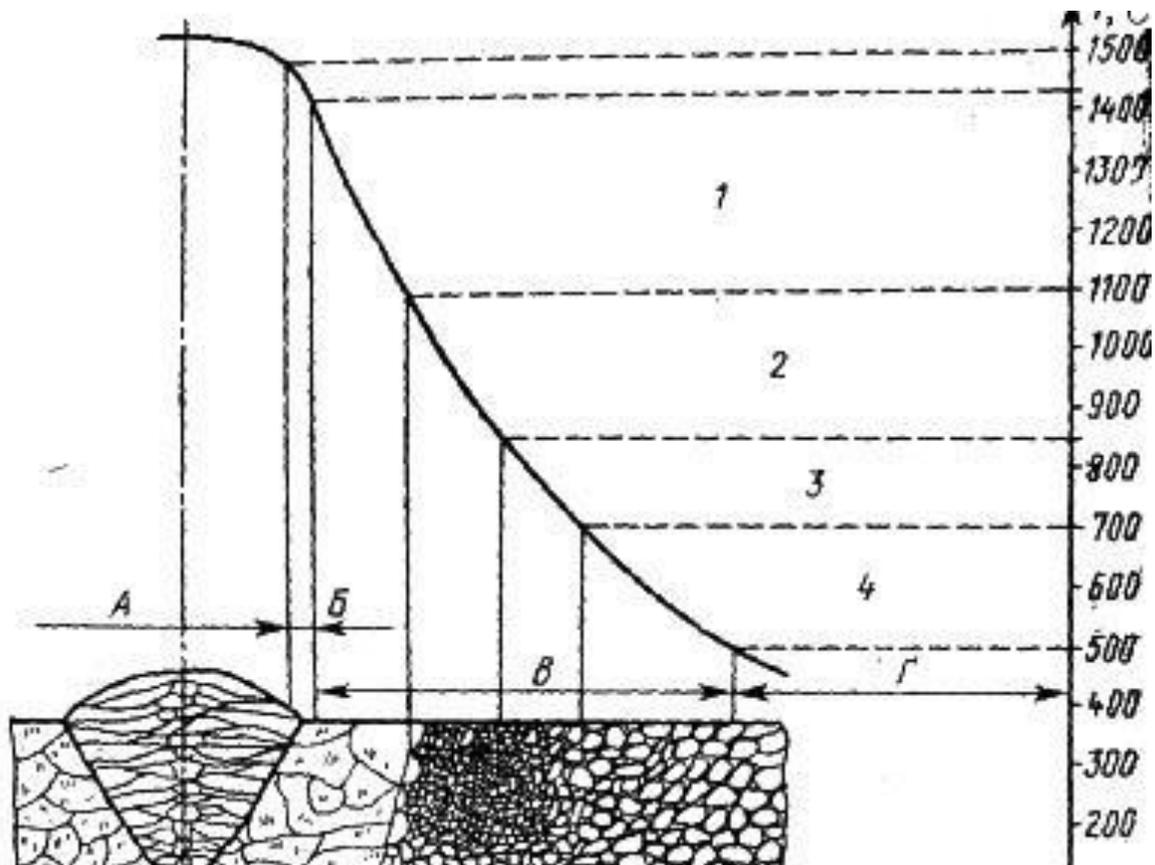
Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали



Участок нормализации 2 - область основного металла, нагретого до 900... 1100 °С.
Благодаря мелкозернистой структуре механические свойства металла на этом участке выше по сравнению с основным металлом.

Ширина участка составляет 1...4 мм.

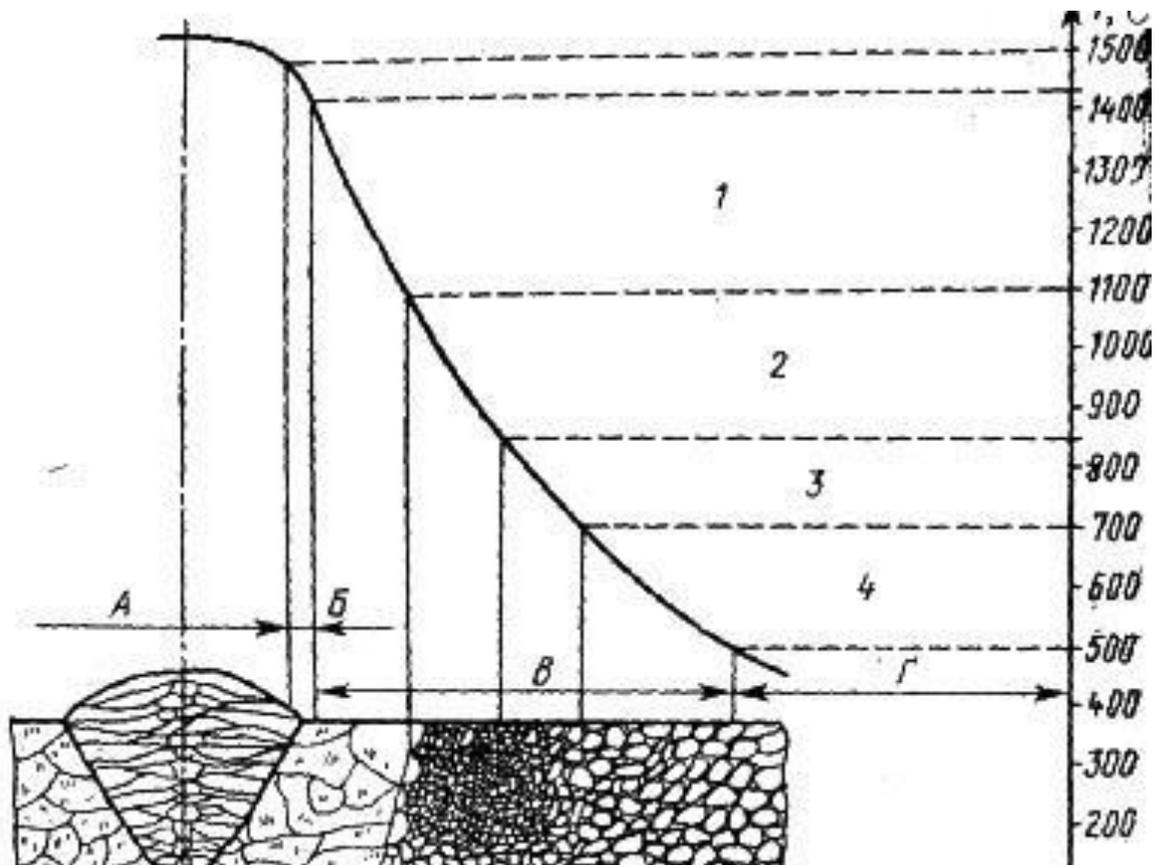
Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали



Участок неполной перекристаллизации 3 - область основного металла, нагретого до 725...900 °С; состоит из мелких и крупных зерен.

Неравномерное кристаллическое строение приводит к снижению механических свойств.

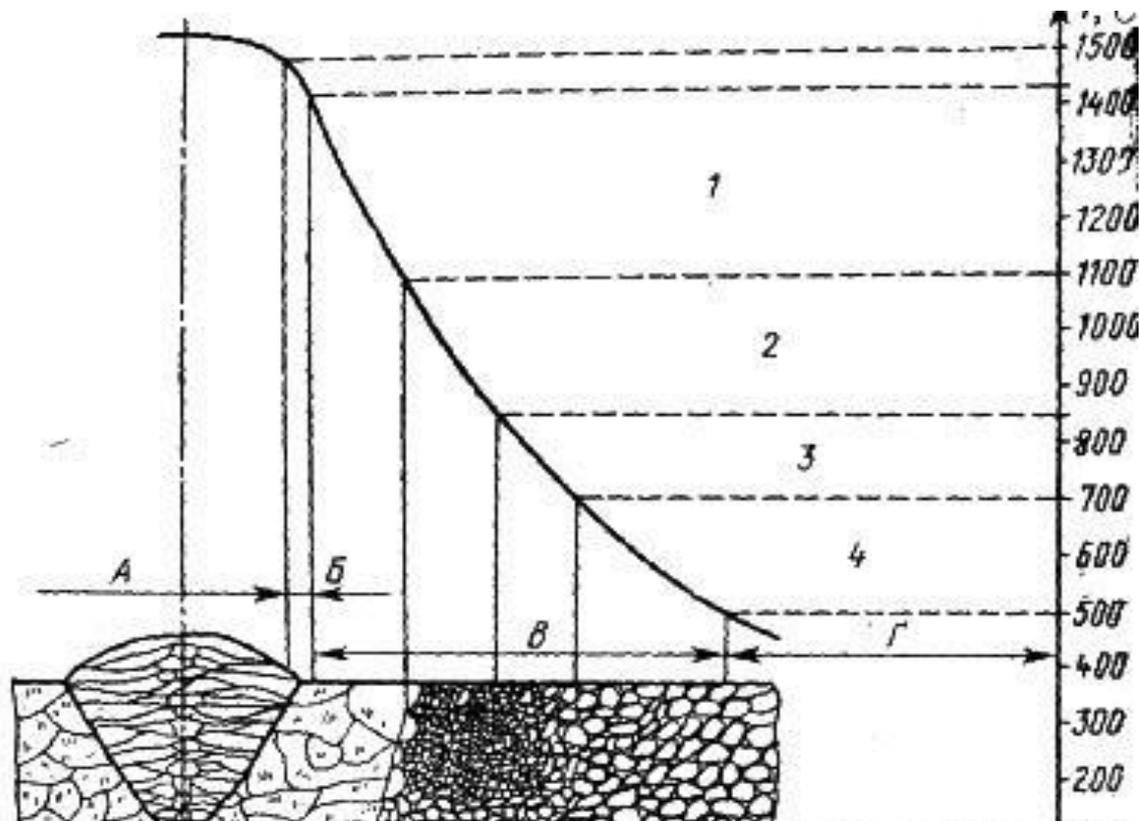
Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали



Участок рекристаллизации 4 - область основного металла, нагретого до 450...725 °С. Здесь происходит восстановление формы зерен, деформированных в результате предыдущего механического воздействия (при прокатке, штамповке и др.).

Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали

Общие размеры зоны термического влияния зависят от вида сварки, толщины и теплофизической характеристики металла, температуры окружающей среды и составляют диапазон от нескольких миллиметров до нескольких десятков миллиметров.



Зона основного металла Γ условно начинается от границы с температурой $450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Структура при температурах ниже $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ не отличается от структуры исходного металла, однако сталь, нагретая до температур $200\text{...}400\text{ }^{\circ}\text{C}$, обладает худшими механическими свойствами, что объясняется выпадением по границам зерен оксидов и нитридов, ослабляющим связь между зернами. Это явление, вызывающее **понижение пластичности и ударной вязкости при одновременном повышении прочности** металла, называется синеломкостью (характерны синие цвета побежалости).

Схематическое строение сварного соединения при дуговой сварке стали

Качество сварного соединения - способность основного металла, из которого состоит соединение, и сварного шва отвечать требованиям **работоспособности, надежности, долговечности и безопасности** его эксплуатации в течение времени, оговоренного в технической документации. Работоспособность, надежность, долговечность и безопасность соединения зависят от соответствия основного металла и сварного шва уровню требований, предъявляемых к сварному соединению. Любое отклонение от уровня требований проявляется в нарушении сплошности (появлению дефекта).

Дефект - несплошность в сварном соединении или отклонение от требуемой геометрии.

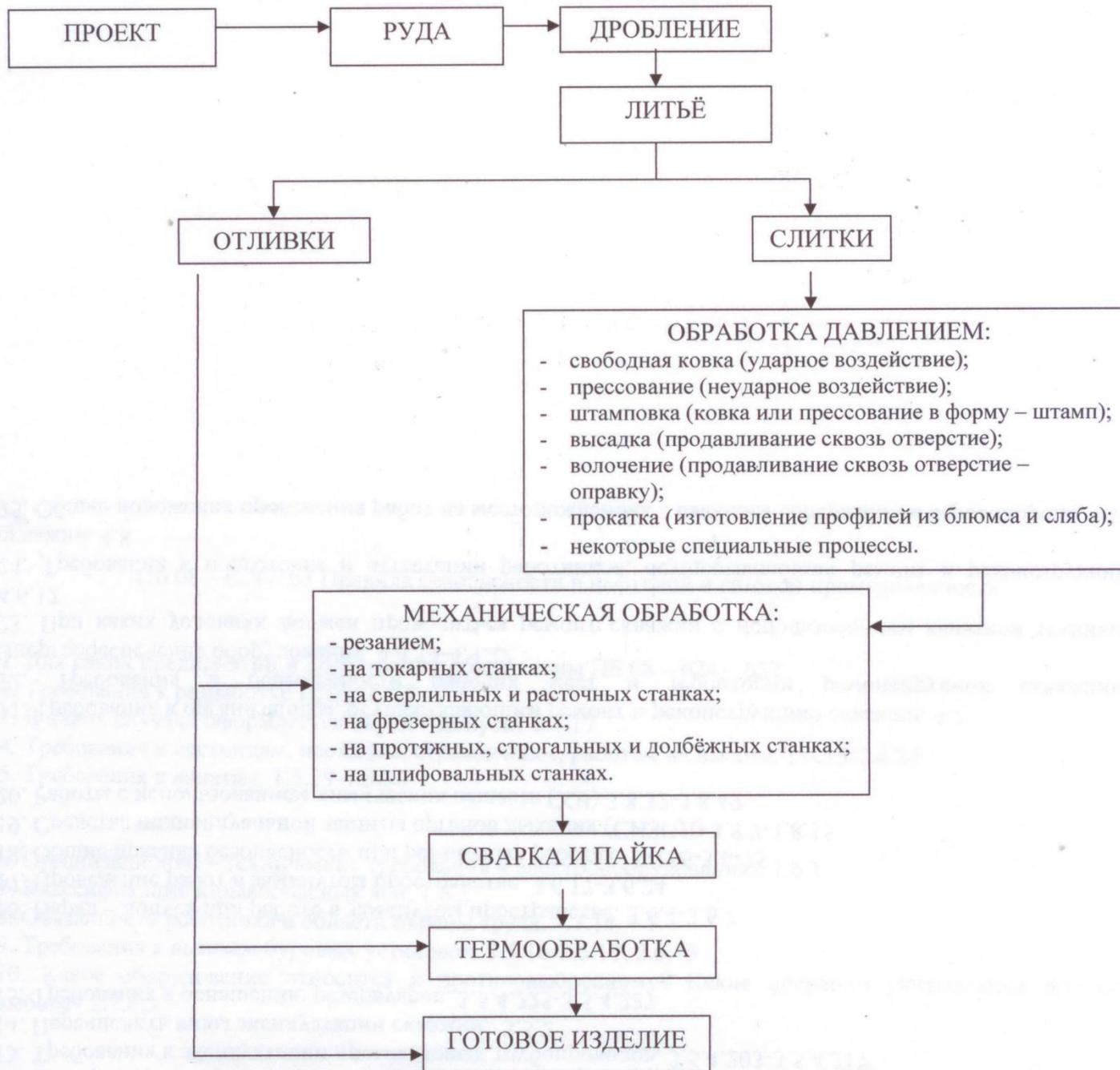
Недопустимый дефект - дефект, превышающий норму.

Критерии качества сварных соединений

1. Соответствие конструктивных элементов и размеров деталей, подготовленных под сварку и самих сварных соединений установленным требованиям.
2. Соответствие основного металла сварного соединения установленным требованиям.
3. Соответствие сварочных материалов установленным требованиям.
4. Свариваемость деталей.
5. Соблюдение технологии сварки.
6. **Личность сварщика.**

Контроль квалификации сварщиков - один из наиболее важных вопросов. Квалификацию сварщик получает после достижения 18 лет и окончания ПТУ или курсов по сварке и к самостоятельной работе по ручной сварке допускается, проработав не менее 6 месяцев, а к автоматической - не менее 3 месяцев. Сварщик, допущенный на самостоятельную работу, аттестуется один раз в год, если у него не было существенного брака в работе. Сварщик отстраняется от самостоятельной работы при наличии брака, а также, если он не работал на данной сварочной операции длительное время (от 2-х до 6-ти месяцев). В этих случаях сварщик должен пройти специальную теоретическую подготовку и аттестацию. При переходе на новые виды сварки или новые материалы сварщик также проходит подготовку и аттестацию. Это требование также распространяется на ИТР, руководящих сварочными работами.

Схема 2.1 Технологический маршрут обработки металлов



3. ВИДЫ (МЕТОДЫ) И НОРМЫ КОНТРОЛЯ

ГОСТ 3242-79

Соединения сварные. Методы контроля качества

ГОСТ Р 56542-2015

Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов

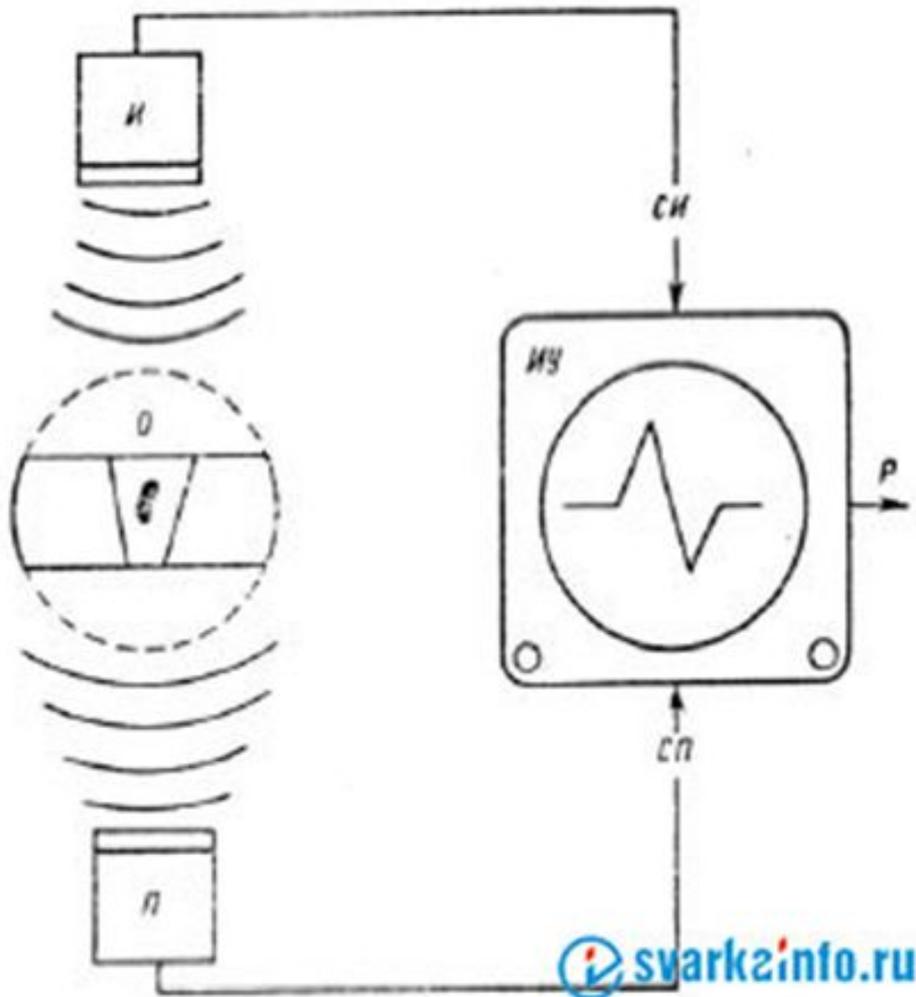
ГОСТ ISO 17635 - 2010

**Контроль неразрушающий сварных соединений.
Общие правила для металлических материалов**

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

**Основные требования к проведению неразрушающего
контроля технических устройств, зданий и сооружений на
опасных производственных объектах**

Общая схема неразрушающего контроля



Физические виды (методы) НК базируются на наблюдении, регистрации и анализе результатов взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с объектом контроля.

Все виды (методы) неразрушающего контроля являются косвенными.

Настройка и калибровка средств НК осуществляются по мерам, настроечным и контрольным образцам, эталонам, имитирующим измеряемый физический параметр.

Вид НК определяется видом используемой энергии (вещества), метод – используемой аппаратурой.

По глубине проникновения в материал ОК
виды НК подразделяются на

поверхностные

(визуальный и измерительный, проникающими веществами,
магнитный, вихретоковый и др.)

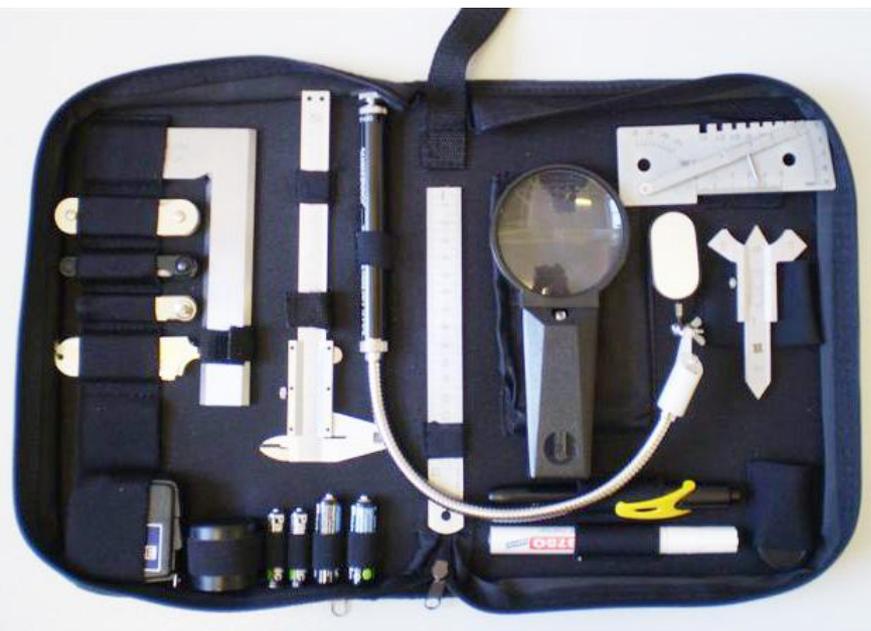
и

объёмные

(радиационный, акустический (ультразвуковой) и др.)

Для получения наиболее достоверных результатов о
состоянии ОК техническая документация рекомендует
применять как минимум один поверхностный и один
объёмный методы НК.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений



Регистрация поверхностных дефектов визуально и при помощи специального мерительного инструмента. Внешний осмотр и обмеры сварных швов – всегда первый этап НК. Если в результате ВИК обнаружены недопустимые дефекты, изделие бракуется и не подвергается другим методам НК.

Нормы контроля определяются ИСО 17637 «КН сварных швов. Визуальный контроль сварных соединений, полученных сваркой плавлением»

РД 03-606-03 «Инструкция по ВИК»

При визуальном и измерительном контроле применяют: лупы, в том числе измерительные; линейки измерительные металлические; угольники поверочные 90° лекальные; штангенциркули, штангенрейсмусы и штангенглубиномеры; щупы; угломеры с нониусом; стенкомеры и толщиномеры индикаторные; микрометры; нутромеры микрометрические и индикаторные; калибры; эндоскопы; шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС), радиусные, резьбовые и др.; поверочные плиты; плоскопараллельные концевые меры длины с набором специальных принадлежностей; штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки). Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии наличия соответствующих инструкций, методик их применения



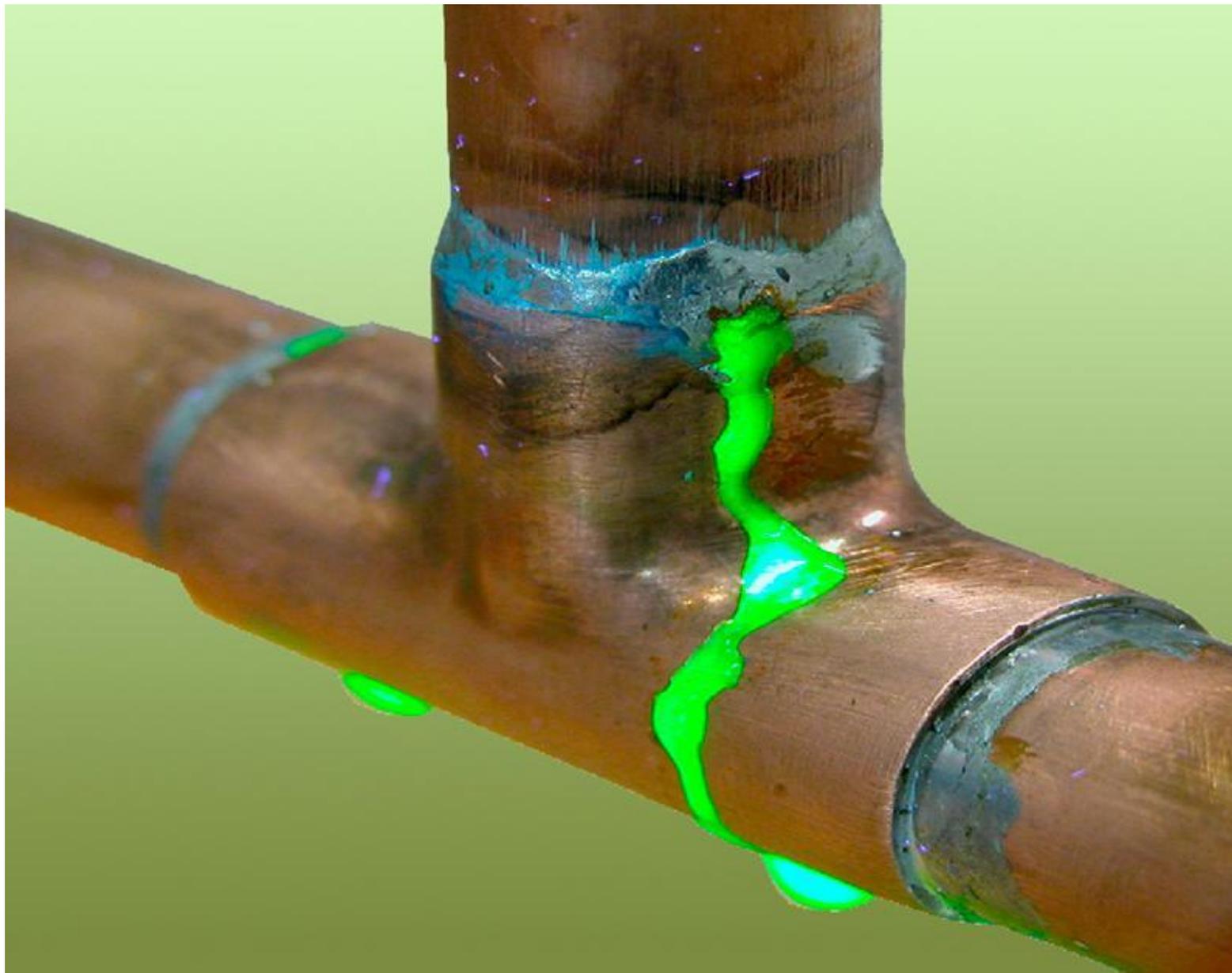
Контроль проникающими веществами: капиллярный

основан на капиллярном проникновении в полость дефекта индикаторной жидкости цветной либо люминесцирующей. Применяется для обнаружения поверхностных дефектов, определения их формы и ориентации на поверхности. Для контроля сварных соединений используют аэрозольные дефектоскопические наборы, чувствительность которых проверяют по специально изготовленному рабочему образцу, имеющему несплошности по трём классам чувствительности.

Проводится по ГОСТ 18442-89 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования»



Контроль проникающими веществами: течеискание
применяется только для выявления сквозных дефектов



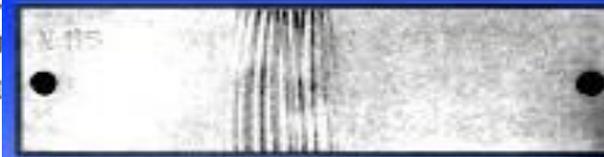
Магнитный: магнитопорошковый

основан на притяжении магнитных частиц силами неоднородных магнитных полей, образующихся над дефектами в намагниченных объектах, с образованием в зонах дефектов индикаторных рисунков в виде скоплений магнитных частиц. При контроле магнитопорошковым методом применяют стационарные, передвижные и переносные дефектоскопы, размагничивающие устройства, магнитные индикаторы, контрольные образцы для оценки работоспособности магнитопорошковых дефектоскопов и магнитных индикаторов.

Контроль проводится по ГОСТ Р 56512-2015 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы



Вид по
до и посл
контрол



диной
порошкового
цвета.

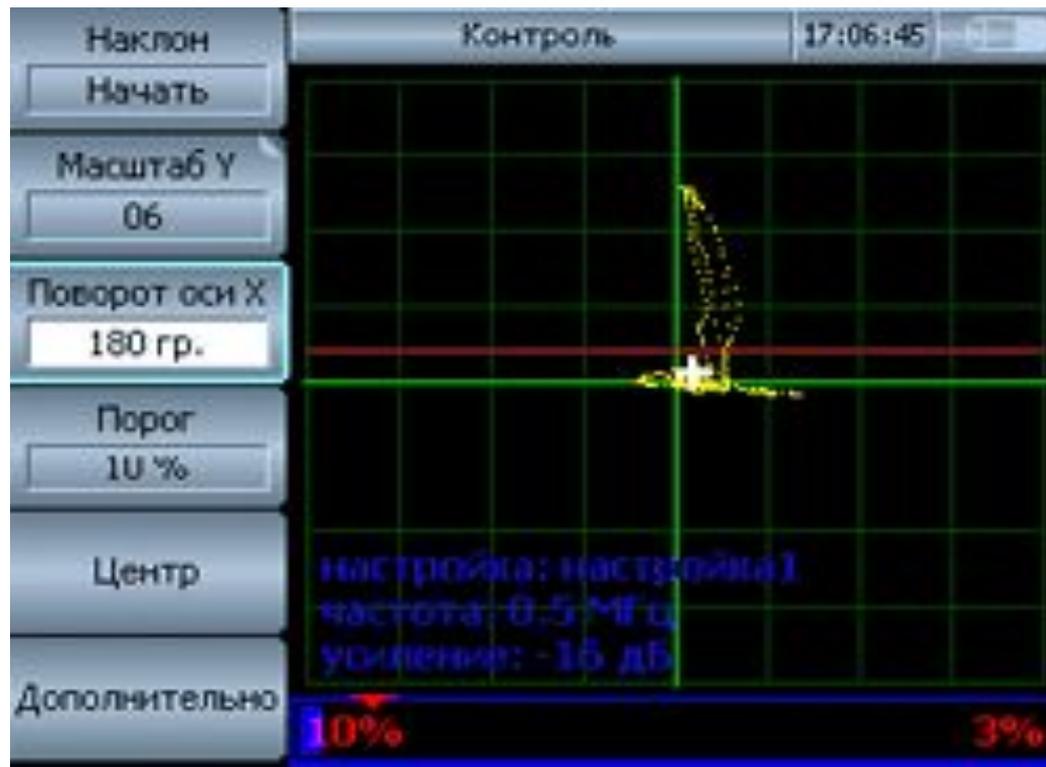
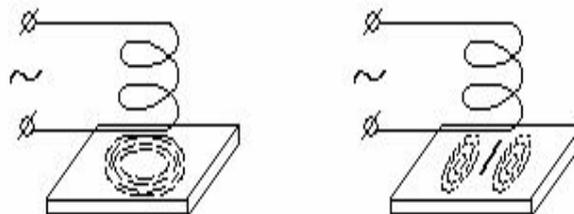


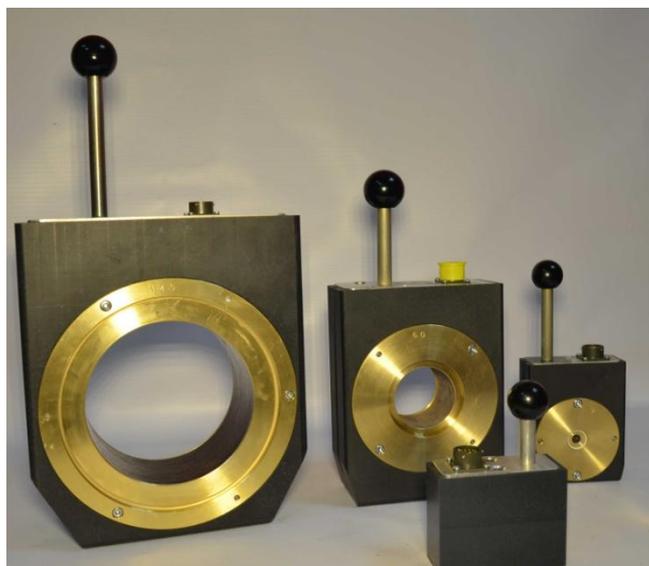
Вихретоковый контроль

основан на взаимодействии электромагнитных полей и вихревых токов преобразователя и ОК. Вихревые токи возбуждаются в объекте преобразователем в виде индуктивной катушки, питаемой переменным или импульсным током. Приёмным преобразователем служит та же или другая катушка. Катушки могут располагать либо по одну, либо по разные стороны ОК. Метод применяют только для контроля объектов из электропроводящих материалов.

При проведении измерений используют прибор для измерения вихревых токов, один или несколько датчиков и соединительные кабели, эталонные образцы (применяются для проверки порога чувствительности, калибровки приборов и рабочего зонда, проверки вихретоковых преобразователей).

Контроль проводится по ГОСТ Р ИСО 15549-09 «КН. Контроль вихретоковый. Основные положения»





Капиллярные методы позволяют контролировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов. Капиллярные методы применяют для контроля объектов, изготовленных из ферромагнитных материалов, если их магнитные свойства, форма, вид и месторасположение дефектов не позволяют достигать требуемой по ГОСТ Р 56512 чувствительности магнитопорошковым методом и магнитопорошковый метод контроля не допускается применять по условиям эксплуатации объекта.

Магнитопорошковый метод применяют для контроля объектов из ферромагнитных материалов с магнитными свойствами. Ферромагнитными свойствами обладают железо, никель, кобальт и некоторые сплавы. Метод может быть использован для контроля объектов с немагнитными покрытиями.

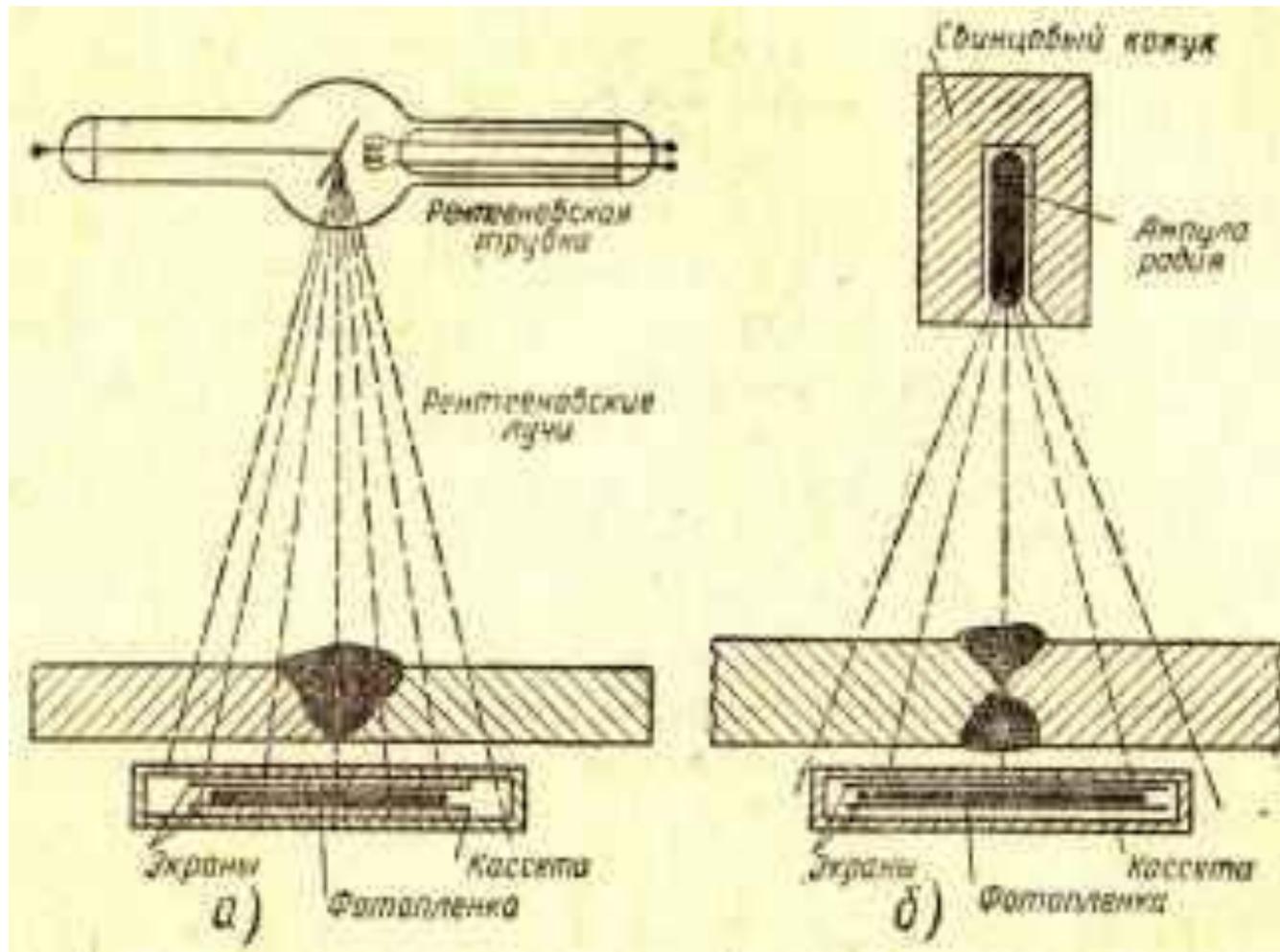
Вихретоковый метод применяют для контроля материалов, обладающих электропроводностью. К ним, в частности, относятся: медь, алюминий, молибден, вольфрам, цинк, никель, железо, марганец.

Радиационный: радиографический

Метод применяется для контроля сварных соединений и литья.

Три основных элемента контроля – источник ионизирующего излучения, контролируемый объект и детектор, регистрирующий дефектоскопическую информацию. Наиболее широко используют R- и γ – излучения. В местах наличия дефектов интенсивность и энергия пучка излучения изменяются. В таких местах на снимке появляются тёмные полосы или пятна. Для оценки чувствительности радиографического контроля применяются проволочные, канавочные и пластинчатые эталоны чувствительности.

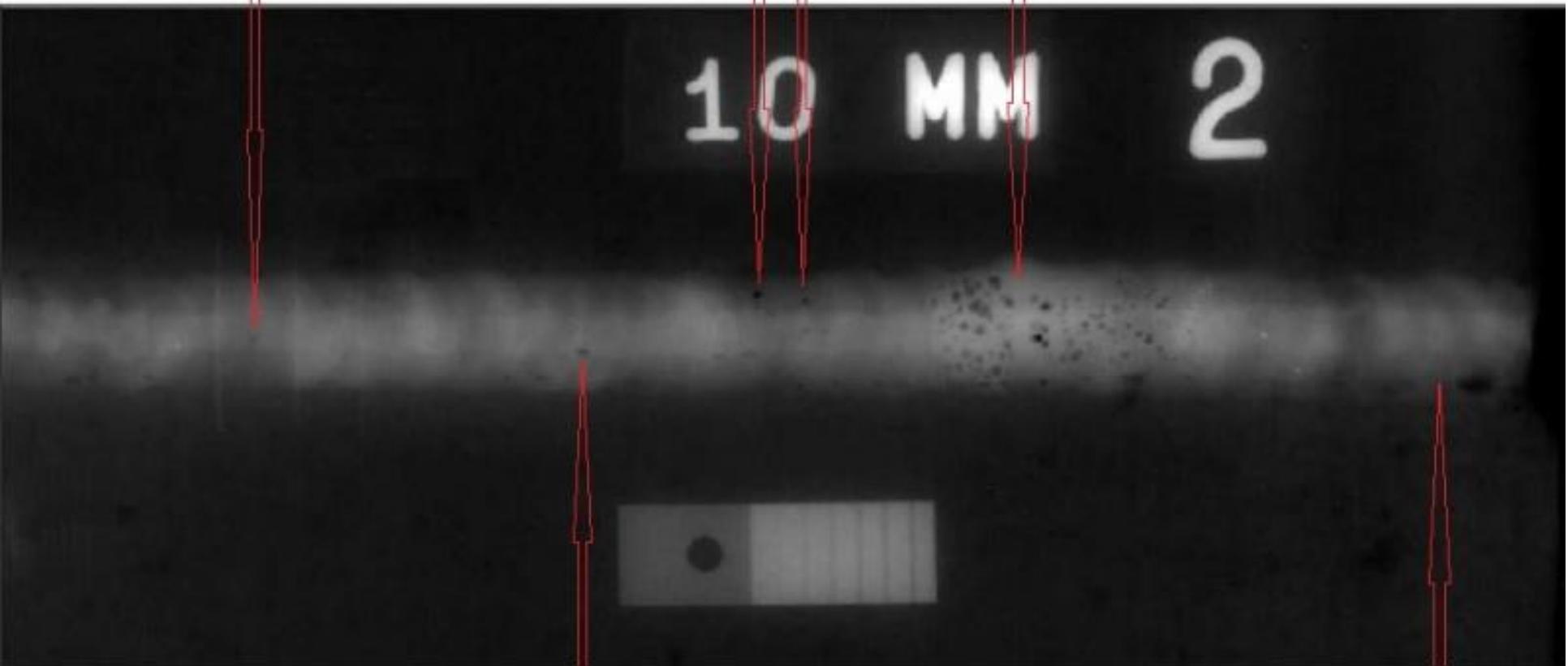
Контроль проводится по ГОСТ 7512 «КН. Соединения сварные. Радиографический метод»



пора (П0.6)

поры (2П1.0)

скопление пор (28П1.0)



пора (П1.0)

непровар по разделке (Нр73)

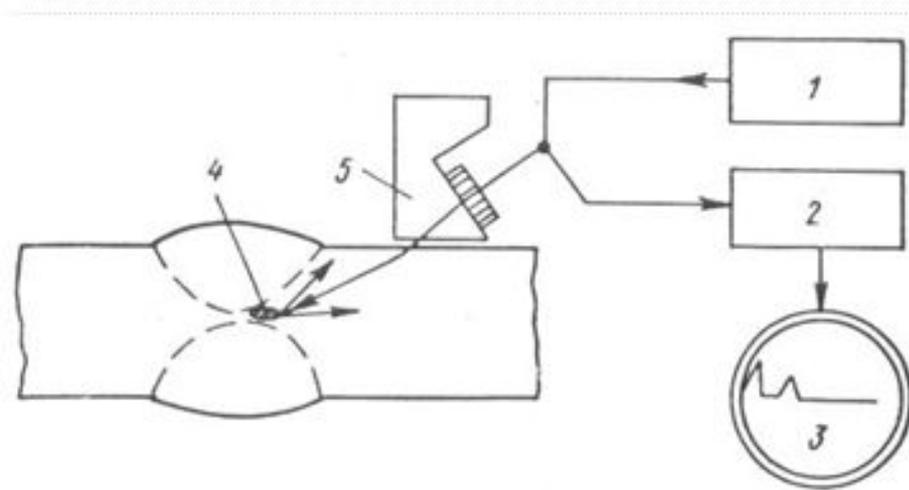


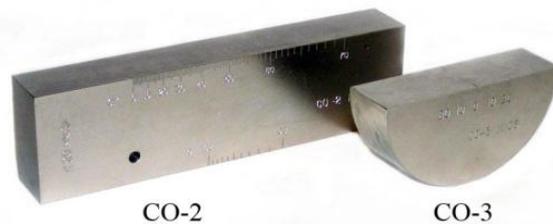
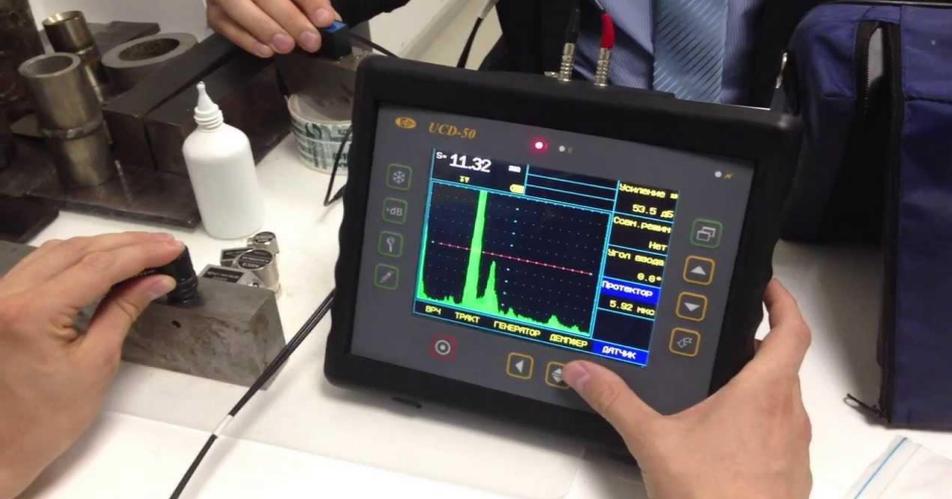
Дозиметрические приборы

Акустический: ультразвуковой

основан на использовании упругих колебаний и волн ультразвуковой частоты (20 кГц – 1 ГГц). В результате действия механических сил в среде, благодаря упругому взаимодействию её частиц, возникает процесс распространения возмущений, называемый упругой волной. Специальные преобразователи регистрируют параметры волн, которые связаны с такими свойствами материалов как упругость, плотность, анизотропия. О наличии дефектов судят по появлению эхо – сигнала на экране специально настроенного прибора. УК используют для контроля основного металла и сварных соединений . Для контроля применяют аналоговые и цифровые УЗ дефектоскопы, ПЭП, настроечные образцы для проверки параметров аппаратуры и различные СОП для настройки чувствительности и определения координат несплошностей.

Контроль проводят по ГОСТ Р ИСО 55 724 «КН. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»





ВЫБОР МЕТОДОВ
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ

ФНП «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах»

п.7. Выбор методов (видов) НК или их совокупности, а также технологий, объёмов, последовательности и средств НК осуществляется, исходя из условия

получения достоверных результатов НК

и

применения наиболее эффективных методов (видов) НК,

обеспечивающих выявляемость недопустимых отклонений

(дефектов, несоответствий) в каждом случае его проведения.

На стадиях изготовления, эксплуатации и ремонта должна быть обеспечена дефектоскопическая технологичность деталей и узлов оборудования.

Под дефектоскопической технологичностью («дефектоскопичностью») понимается совокупность свойств конструкции и ее деталей, необходимая для обеспечения возможности дефектоскопического контроля деталей, узлов и агрегатов ответственного назначения (при производстве, испытании, эксплуатации и ремонте) в объеме и с достоверностью, предусмотренными руководящей технической документацией.

Для обеспечения дефектоскопичности объект должен быть контролепригодным и контроледоступным.

***Контролепригодность** определяется совокупностью физико-химических и технологических свойств объекта, позволяющей осуществить его проверку данным методом НК в необходимом объеме.*

***Контроледоступность** характеризуется отсутствием конструктивных или других пространственных ограничителей, препятствующих проведению НК данным методом в необходимом объеме.*

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

1. Характер несплошностей, подлежащих выявлению.

В зависимости от происхождения, несплошности различаются размерами, формой и средой, заполняющей их полости. Учитывая эти особенности, выбирают метод неразрушающего контроля для ее надежного выявления. Так, для обнаружения поверхностных трещин с малой шириной раскрытия на деталях из ферромагнитных материалов наиболее эффективен магнитный метод, а для деталей из немагнитных материалов – вихретоковый или капиллярный методы, и совершенно непригоден, например, радиографический метод. Для выявления внутренних скрытых несплошностей целесообразно применять радиационные или ультразвуковые методы

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

2. Чувствительность методов неразрушающего контроля

Определяется наименьшими размерами выявляемых несплошностей:

у поверхностных – шириной раскрытия у выхода на поверхность, протяженностью вглубь металла и по поверхности изделия;

у внутренних – размерами несплошности с указанием глубины залегания.

Чувствительность зависит от физических особенностей метода неразрушающего контроля, технических параметров применяемых средств контроля, чистоты обработки поверхности контролируемой детали, толщины детали, физико-химических свойств ее материала, условий контроля и других факторов.

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

3. Место расположения на детали возможных несплошностей.

Несплошности можно условно разделить на поверхностные, подповерхностные и внутренние. Для выявления поверхностных дефектов применимы все методы, но, как правило, наиболее эффективны из них визуально-оптический, магнитопорошковый и капиллярные. Для обнаружения подповерхностных несплошностей эффективны ультразвуковой, вихретоковый, магнитопорошковый, а внутренних – только ультразвуковой и радиографический

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

4. Условия работы детали.

Они определяют наиболее вероятные места возникновения дефектов, связанных с повышенной концентрацией напряжений, воздействием знакопеременных нагрузок, агрессивных сред, температурных условий. Любые конструктивные или технологические дефекты могут стать очагами усталостного разрушения. Учет условий работы деталей позволяет выявить критические места конструкции и установить за ними тщательный контроль неразрушающими методами.

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

5. Технические условия (ТУ) на изделие

Включают в себя количественные критерии недопустимости в изделии разного рода дефектов. При этом в различных частях изделия могут быть неодинаковые требования к его качеству. Часто в технических условиях указывают и методы контроля, которые необходимо применять на данном изделии. Требования о применении различных методов неразрушающего контроля могут быть изложены и в других документах: правилах контроля, правилах эксплуатации сосудов, на чертежах и т.д.

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

6. Физические свойства материалов деталей

Имеют важнейшее значение при выборе методов неразрушающего контроля. Для применения магнитного метода материал должен быть ферромагнитным и однородным по магнитным свойствам структуры. Вихретоковый метод контроля используется, если материал электропроводен, однороден по структуре и изотропен по магнитным свойствам. Для ультразвукового контроля материал должен обладать свойствами упругости. Капиллярные методы оправданы при непористом и стойком к воздействию органических растворителей материале. Применение методов просвечивания ионизирующими излучениями ограничивается лишь способностью материала поглощать данные излучения и толщиной материала.

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

7. Форма и размеры контролируемых деталей.

Применимость некоторых методов для контроля изделий сложной формы ограничена, например, ультразвукового – из-за трудности расшифровки результатов контроля и наличия мертвых зон, капиллярного – из-за трудности выполнения отдельных операций, особенно подготовки деталей к контролю и удаления с поверхности проникающей жидкости. Крупногабаритные изделия контролируют, как правило, по частям. В зоне контроля не должно быть конструктивных элементов, препятствующих контролю, например: отверстий, заклепок, болтов и т.д.

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

8. Состояние и степень шероховатости поверхности.

Чувствительность методов неразрушающего контроля, особенно магнитопорошкового, капиллярных, ультразвукового зависит от степени шероховатости поверхности, наличия на ней различных защитных покрытий. Капиллярные методы не могут быть выполнены по лакокрасочным, силикатным, гальваническим покрытиям. Вихретоковый контроль возможен при наличии покрытий толщиной от 0,2 до 0,5 мм. Ультразвуковой контроль сварных соединений проводят при шероховатости не более 40 мкм.



Q1

Rz 260-320



Q2

Rz 120



Q3

Rz 60-80



Q4

Rz 40



Q5

Ra 5 - Rz 20

Выбор методов НК зависит от следующих факторов:

9. Условия контроля и наличия подходов к проверяемому объекту.

Как правило, неразрушающий контроль выполняется при температуре более 0°C. Зона контроля должна быть ограждена от источников загрязнения (например, от пыли зачистных машинок), а условия контроля быть безопасными, чтобы внимание дефектоскописта было в полной мере направлено на объект контроля. Большинство методов неразрушающего контроля может быть применимо для контроля при доступе с одной стороны.

Метод НК	Чувствительность метода	Что выявляется	Ограничения
ВИК	-	Все наружные дефекты сварного соединения	-
ПВК	Класс I – до 1 мкм II – 1...10 мкм III – 10...100 мкм IV – 100...500 мкм V – не нормируется	Поверхностные и сквозные дефекты в объектах из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов	Пористые материалы (резина, пенопласт)
МК	Минимально: Раскрытие до 0,001 мм Глубина 0,01 мм Протяжённость 0,5 мм	Поверхностные и подповерхностные (1-2 мм) нарушения сплошности: волосовины, трещины различного происхождения, непровары сварных соединений, флокены, закаты, надрывы и т.п.	Неферромагнитные материалы (может быть использован для контроля объектов с немагнитными покрытиями)
ВК	Более 0,01 мм	Ковочные, штамповочные, шлифовочные, усталостные трещины, надрывы волосовины, поры, неметаллические и шлаковые включения	- Неэлектропроводящие материалы, - элементы конструкций и детали с резкими изменениями магнитных или электрических свойств; - несплошности, плоскости раскрытия которых параллельны контролируемой поверхности или составляют с ней угол менее 10° - отсутствие бездефектной области на поверхности контролируемого объекта с размерами, превышающими в 5-10 раз размеры преобразователя
УК	От 2 мм ²	Трещины, непровары, поры, неметаллические и металлические включения	- Конструктивный непровар корня шва - антикоррозионная наплавка - крупнозернистые материалы (аустенитная сталь, серый чугун, бетон), -- изделия сложной формы - изделия толщиной менее 4 мм по причине «мертвой зоны»
РК	Радиационная толщина, мм До 40 – 0,1 40...100 – 0,2 100...150 – 0,3 150...200 – 0,4 Свыше 200 – 0,5	Трещины, непровары, поры, шлаковые, вольфрамовые, окисные и другие включения прожоги, подрезы, оценка величины выпуклости и вогнутости корня шва	- любые несплошности и включения с размером в направлении просвечивания менее удвоенной чувствительности контроля; - непровары и трещины, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания и (или) величина раскрытия менее значений, приведенных в ст. 2; - любые несплошности и включения, если их изображения на снимках совпадают с изображениями посторонних деталей, острых углов или резких перепадов трещин просвечиваемого металла -- большая (свыше 800 мм) толщина, - соединения с разными толщинами

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ РАБОТ

ГОСТ Р ИСО 5817 – 2009

**Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки).
Уровни качества.**

ГОСТ Р ИСО 10042-2009

**СВАРКА. Сварные соединения из алюминия и его сплавов,
полученные дуговой сваркой. Уровни качества.**

ГОСТ ISO 13919-1–2017

**Сварка. Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой
Руководство по оценке уровня качества для дефектов . Часть 1. Сталь**

В таблице применены следующие условные обозначения:

a - номинальная толщина углового сварного шва (см. ИСО 2553);

A - область, охватывающая газовую пору;

b - ширина усиления сварного шва;

d - диаметр газовой поры;

d_A - диаметр области, охватывающей газовую пору;

h - высота или ширина дефекта;

l - длина дефекта вдоль направления сварного шва;

l_p - длина площади проекции или поперечного сечения;

s - номинальная толщина стыкового сварного шва (см. ИСО 2553);

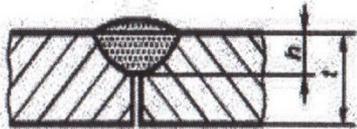
t - толщина стенки или полки (номинальный размер);

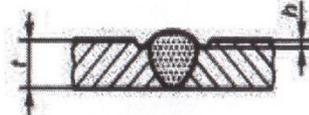
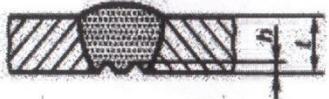
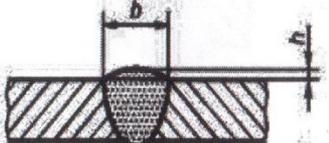
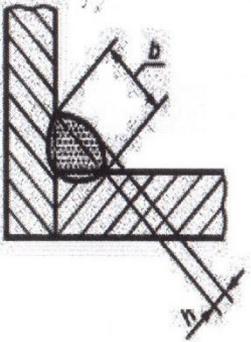
w_p - ширина сварного шва или ширина или высота площади поперечного сечения;

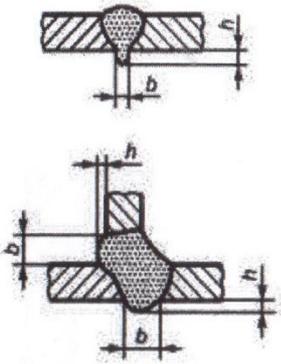
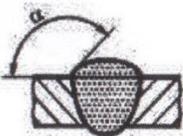
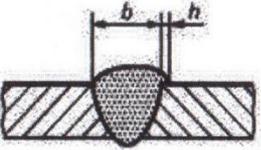
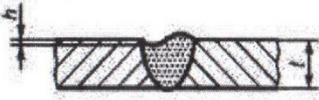
z - величина катета углового сварного шва (см. ИСО 2553);

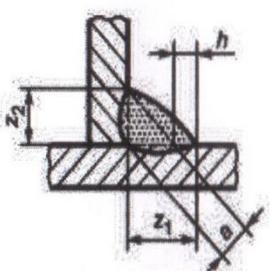
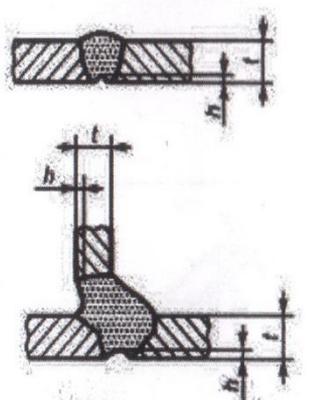
α - угол в месте перехода основного металла и сварного шва;

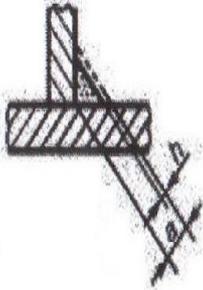
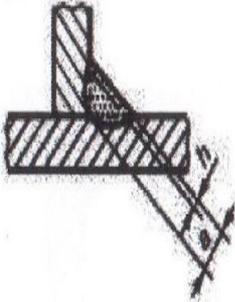
β - угол углового смещения.

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
1. Поверхностные дефекты							
1.1	100	Трещина	-	$\geq 0,5$	Не допускаются	Не допускаются	Не допускаются
1.2	104	Кратерная трещина					
1.3	2017	Поверхностная пора	Максимальный размер единичной поры для: - стыковых сварных швов - угловых сварных швов	От 0,5 до 3	$d \leq 0,3s$ $d \leq 0,3a$		
			Максимальные размеры единичной поры для: - стыковых сварных швов - угловых сварных швов	> 3	$d \leq 0,3s$, но не более 3 мм $d \leq 0,3a$, но не более 3 мм	$d \leq 0,2s$, но не более 2 мм $d \leq 0,2a$, но не более 2 мм	
1.4	2025	Кратерная раковина в конце шва		От 0,5 до 3 > 3	$h \leq 0,2t$ $h \leq 0,2t$, но не более 2 мм	Не допускаются $h < 0,1t$ но не более 1 мм	Не допускаются
1.5	401	Отсутствие сплавления (несплавление)	-	$\geq 0,5$	Не допускается	Не допускается	Не допускаются
		Микроскопическое несплавление	Определяется только при микроскопическом исследовании		Допускается	Допускается	
1.6	4021	Неполное проплавление корне шва	Только для одной стороны в стыкового сварного шва 	$\geq 0,5$	Короткие дефекты: $h \leq 0,2t$, но не более 2 мм	Не допускается	Не допускаются

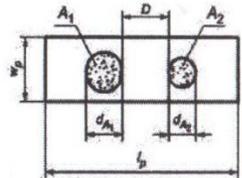
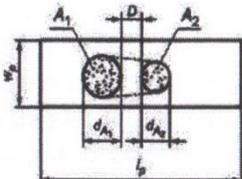
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
1.7	5011	Непрерывный подрез	Требуется плавный переход. Не рассматривается как систематический дефект 	От 0,5 до 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,2t$	Короткие дефекты: $h < 0,1t$	Не допускаются
				> 3	$h \leq 0,2t$, но не более 1 мм	$h \leq 0,1t$, но не более 0,5 мм	$h \leq 0,05t$, но не более 0,5 мм
1.8	5013	Подрез корня шва	Требуется плавный переход 	От 0,5 до 3	$h \leq 0,4t$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2t$, но не более 1,5 мм	Не допускается
				> 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,2t$, но не более 2 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,1t$, но не более 1 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,05t$, но не более 0,5 мм
1.9	502	Выпуклость шва (стыковой сварной шов)	Требуется плавный переход 	$\geq 0,5$	$h \leq 0,1 \text{ мм} + 0,25b$, но не более 10 мм	$h \leq 0,1 \text{ мм} + 0,25b$, но не более 7 мм	$h \leq 0,1 \text{ мм} + 0,25b$, но не более 5 мм
1.10	503	Выпуклость шва (угловой шов)		$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,25b$, но не более 5 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15b$, но не более 4 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1b$, но не более 3 мм

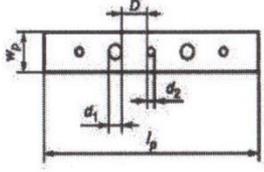
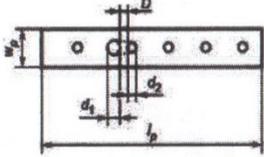
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
1.11	504	Выпуклость со стороны корня шва		От 0,5 до 3	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,6b$	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,3b$	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1b$
				> 3	$h \leq 1 \text{ мм} + 1,0b$, но не более 5 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,6b$, но не более 4 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,2b$, но не более 3 мм
1.12	505	Неправильная геометрия кромки лицевой поверхности шва	Стыковые швы	≥ 0,5	α ≥ 90°	α > 110°	α ≥ 150°
							
1.13	506	Натек		≥ 0,5	$h \leq 0,2b$	Не допускается	Не допускаются
1.14	509 511	Протек Неполное заплавление подготовленных кромок	Требуется плавный переход	От 0,5 до 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,25t$	Короткие дефекты: $h \leq 0,1t$	Короткие дефекты: $h < 0,25t$, но не более 0,5 мм
			> 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,25t$, но не более 2 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,25t$, но не более 1 мм		

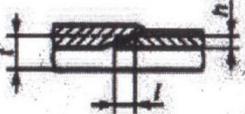
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
1.15	510	Прожог	-	≥ 0,5	Не допускается	Не допускается	Не допускается
1.16	512	Несимметричность углового шва (существенное неравенство катетов шва)	Для случаев, когда асимметрия углового шва не оговорена 	≥ 0,5	$h \leq 2 \text{ мм} + 0,2a$	$h \leq 2 \text{ мм} + 0,15a$	$h \leq 1,5 \text{ мм} + 0,15a$
1.17	515	Вогнутость обратной стороны шва	Требуется плавный переход 	От 0,5 до 3	$h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,1t$	Короткие дефекты $h \leq 0,1t$	Не допускается
				> 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,2t$, но не более 1,5 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,1t$, но не более 1 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,05t$, но не более 0,5 мм
1.18	516	Пористость в корне шва	Пористая структура в корне сварного шва из-за выделения газа из металла шва в момент кристаллизации (например, недостаточная газовая защита нижней части шва)	≥ 0,5	Допускается локально	Не допускается	Не допускается
1.19	517	Плохое повторное возбуждение дуги	-	≥ 0,5	Допускается. Допустимые пределы зависят от типа дефекта, возникшего из-за рестарта	Не допускается	Не допускается

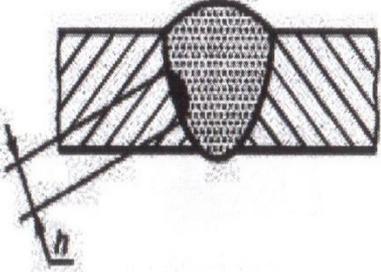
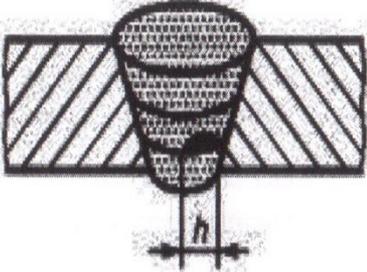
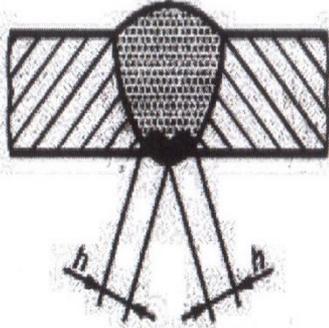
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
1.20	5213	Недостаточная толщина шва	Не применимо к процессам, обеспечивающим большую глубину проплавления 	От 0,5 до 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,1a$	Короткие дефекты: $h \leq 0,2 \text{ мм}$	
				> 3	Короткие дефекты: $h \leq 0,3 \text{ мм} + 0,1a$, но не более 2 мм	Короткие дефекты: $h \leq 0,3 \text{ мм} + 0,1a$, но не более 1 мм	
1.21	5214	Чрезмерная толщина шва	Фактическая толщина горловины углового шва слишком велика 	≥ 0,5	Не ограничивается	$h < 1 \text{ мм} + 0,2a$, но не более 4 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15a$, но не более 3 мм
1.22	601	Разбрызгивание металла	-		Допускается, если это не влияет на свойства основного металла	Не допускается	Не допускается
1.23	602	Брызги металла	-		Допустимость зависит от применения, например от материала, защиты от коррозии		

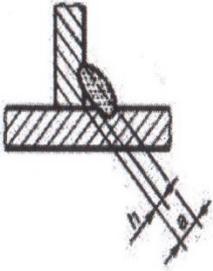
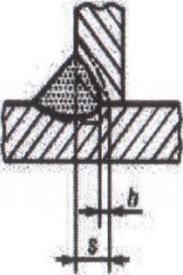
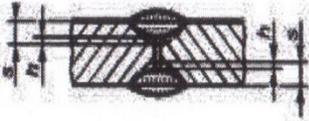
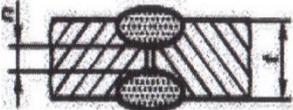
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
2. Внутренние дефекты							
2.1	100	Трещины	Все типы трещин, кроме микротрещин и кратерных трещин	≥ 0,5	Не допускаются	Не допускаются	Не допускаются
2.2	1001	Микротрещины	Трещина, обычно видимая только под микроскопом (50 [×])		Допускаются	Допустимость зависит от вида основного металла и его трещиностойкости	
2.3	2011 2012	Газовая пора Равномерно распределенная пористость	Должны выполняться следующие условия и ограничения для дефектов, (см. также приложение А для информации)				
			Максимальный размер дефектной области (в том числе систематических дефектов) по отношению к площади проекции. Примечание - Пористость в площади проекции зависит от числа слоев (объема сварного шва)		Для одного слоя: ≤ 2,5 %. Для нескольких слоев: < 5 %	Для одного слоя: ≤ 1,5 %. Для нескольких слоев: < 3 %	Для одного слоя: ≤ 1 % Для нескольких слоев: < 1 %
			Максимальный размер площади поперечного сечения дефектной области (в том числе систематических дефектов) по отношению к площади среза (применимо только для испытаний продукции , сварочного оборудования или технологии)		< 2,5 %	< 1,5 %	< 1 %
			Максимальный размер единичной поры для: - стыковых сварных швов - угловых сварных швов		$d \leq 0,4s$, но не более 5 мм $d \leq 0,4a$, но не более 5 мм	$d \leq 0,3s$, но не более 4 мм $d \leq 0,3a$, но не более 4 мм	$d \leq 0,2s$, но не более 3 мм $d \leq 0,2a$, но не более 3 мм

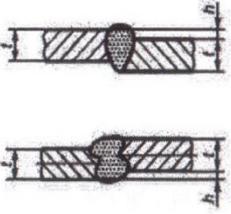
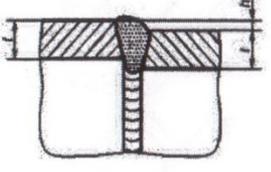
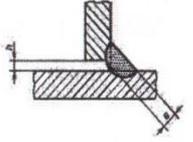
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t , мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
2.4	2013	Кластерная (локализованная) пористость	<p>Случай 1 ($D > d_{c2}$)</p>  <p>Случай 2 ($D > d_{c2}$)</p>  <p>Сумма различных областей с порами ($A_1 + A_2 + \dots$), расположенных в оцениваемой зоне, $l_p \times w_p$ (сл. 1). Справочная длина для l_p - 100 мм. Если D меньше чем d_{c1} или d_{c2}, в зависимости от того, какая из этих величин меньше, то зона, охватываемая огибающей линией зон пористости $A_1 + A_2$, должна рассматриваться как единый дефект (сл. 2). Должны выполняться следующие условия и ограничения для дефектов (см. также приложение А для информации) а) Максимальный размер суммы площадей проекций дефектов (с учетом систематических дефектов) б) Максимальный размер единичной поры для: - стыковых сварных швов; - угловых сварных швов;</p>	$\leq 0,5$			
			$\leq 0,5$	$\leq 16 \%$	$\leq 8 \%$	$\leq 4 \%$	
				$\leq 0,5$	$d \leq 0,4s$, но не более 4 мм $d \leq 0,4a$, но не более 4 мм	$d \leq 0,3s$, но не более 3 мм $d \leq 0,3a$, но не более 3 мм	$d \leq 0,2s$, но не более 2 мм $d \leq 0,2a$, но не более 2 мм

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
2.5	2014	Линейная пористость	Случай 1 ($D > d_2$)				
							
			Случай 2 ($D < d_2$)				
							
			Сумма различных областей пор, расположенных в оцениваемой зоне $l_p \times w_p$ (случай 1):				
			$\left(\frac{d_1^2 \times \pi}{4} + \frac{d_2^2 \times \pi}{4} + \dots \right)$				
			Если $D <$, чем диаметр меньшей из двух соседних пор, то полная объединенная область этих двух пор должна соответствовать сумме дефектов (сл. 2). Следующие условия по размерам и ограничения на дефекты должны быть выполнены (см. прил. А). Макс. размер области дефектов (включая систематич. дефекты), расположенных в площади проекции. Примечание - Пористость в площади проекции зависит от числа слоев (объема св. шва). Максимальный размер площади поперечного сечения области дефектов (в том числе систематических дефектов), расположенных на поверхности разрушения (применимо только к испытаниям продукции, сварочного оборудования или технологий)				
			Максимальный размер единичной поры для:				
			- стыковых сварных швов				
			- угловых сварных швов				
					- Для одного слоя: $\leq 8\%$ - Для многослойных: $\leq 16\%$	- Для одного слоя: $\leq 4\%$ - Для многослойных: $\leq 8\%$	- Для одного слоя: $\leq 2\%$ Для многослойных: $\leq 4\%$
					$\leq 8\%$	$\leq 4\%$	$\leq 2\%$
					$d \leq 0,4s$, но не более 4 мм $d \leq 0,4a$, но не более 4 мм	$d \leq 0,3s$, но не более 3 мм $d \leq 0,3a$, но не более 3 мм	$d \leq 0,2s$, но не более 2 мм $d \leq 0,2a$, но не более 2 мм

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
2.6	2015 2016	Удлиненная каверна. Червеобразная каверна	Стыковые сварные швы	≤ 0,5	$h \leq 0,4s$, но не более 4 мм	$h \leq 0,3s$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2s$, но не более 2 мм
					$l \leq s$, но не более 75 мм	$l \leq s$, но не более 50 мм	$l \leq s$, но не более 25 мм
Угловые сварные швы	$h \leq 0,4a$, но не более 4 мм	$h \leq 0,3a$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2a$, но не более 2 мм				
	$l \leq a$, но не более 75 мм	$l \leq a$, но не более 50 мм	$l \leq a$, но не более 25 мм				
2.7	202	Усадочная раковина	-	≤ 0,5	Короткие дефекты допускаются, но не нарушающие поверхность: - стыковой шов $h \leq 0,4s$, $h \leq 0,4a$, но не более 4 мм - угловой шов $h \leq 0,4a$, но не более 4 мм	Не допускаются	Не допускаются
2.8	2024	Кратерная усадочная раковина	 <p>Необходимо измерить большую величину h или l</p>	От 0,5 до 3 > 3	h или $l \leq 0,2t$ h или $l \leq 0,2t$, но не более 2 мм		
2.9	300 301 302 303	Твердые включения. Шлаковые включения. Включения флюса. Оксидные включения	Стыковые сварные швы	> 0,5	$h \leq 0,4s$, но не более 4 мм	$h \leq 0,3s$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2s$, но не более 2 мм
					$l \leq s$, но не более 75 мм	$l \leq s$, но не более 50 мм	$l \leq s$, но не более 25 мм
			Угловые сварные швы		$h \leq 0,4a$, но не более 4 мм $l \leq a$, но не более 75 мм	$h \leq 0,3a$, но не более 3 мм $l \leq a$, но не более 50 мм	$h \leq 0,2a$, но не более 2 мм $l \leq a$, но не более 25 мм

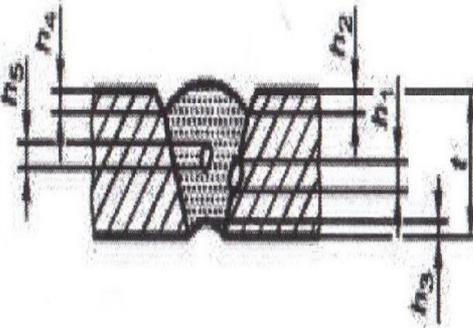
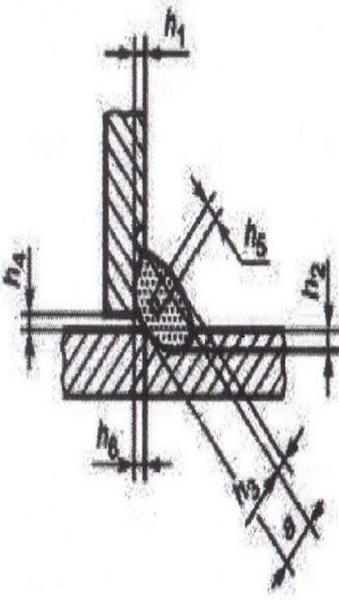
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества			
					D	C	B	
2.10	304	Металлические включения, кроме медных	Стыковые сварные швы		$h \leq 0,4s$, но не более 4 мм	$h \leq 0,3s$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2s$, но не более 2 мм	
			Угловые сварные швы		$h \leq 0,4a$, но не более 4 мм	$h \leq 0,3a$, но не более 3 мм	$h \leq 0,2a$, но не более 2 мм	
2.11	3042	Включения меди	-		Не допускаются			
2.12	401	Несплавление (неполное сплавление).		> 0,5	<p>Короткие дефекты допускаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - стыковые швы $h \leq 0,2s$, но не более 4 мм - угловые швы $h \leq 0,2a$, но не более 4 мм 	Не допускаются	Не допускаются	
	4011							
	4012							
4013	<p>Несплавление в корне шва</p>							

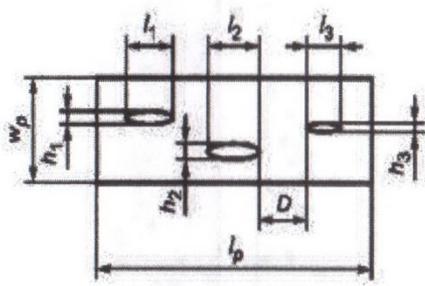
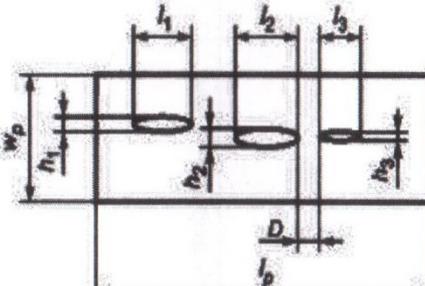
Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
2.13	402	Неполное проплавление	 <p>Т-образное соединение (угловой шов)</p>	> 0,5	Короткие дефекты: $h \leq 0,2a$, но не более 4 мм	Не допускается	Не допускается
			 <p>Т-образное соединение (частичное проплавление)</p>		Короткие дефекты: - стыковой шов: $h \leq 0,2s$, но не более 2 мм -Т-образное соединение: $h \leq 0,2a$, но не более 2 мм	Короткие дефекты: - стыковой шов: $h \leq 0,1s$, но не более 1,5 мм -Т-образное соединение: $h \leq 0,1a$, но не более 1,5 мм	
			 <p>Стыковой шов (частичное проплавление)</p>	$\geq 0,5$	Короткие дефекты: - стыковой шов: $h \leq 0,2t$, но не более 2 мм	Не допускается	
			 <p>Стыковой шов (частичное проплавление)</p>		Короткие дефекты: - стыковой шов: $h \leq 0,2t$, но не более 2 мм	Не допускается	

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
3. Дефекты в геометрии шва							
3.1	507	Линейное смещение	Ограничения на отклонения от правильного положения. Если не определено иное, правильным считается положение, когда центральные линии совпадают (см. также параграф 1) - t относится к меньшей толщине	От 0,5 до 3	$h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,25t$	$h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,15t$	$h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,1t$
			 <p>Рисунок А - Пластины и продольные сварные швы</p>	> 3	$h \leq 0,25t$, но не более 5 мм	$h \leq 0,15t$, но не более 4 мм	$h \leq 0,1t$, но не более 3 мм
			 <p>Рисунок В - Кольцевые сварные швы</p>	$\geq 0,5$	$h \leq 0,5t$, но не более 4 мм	$h \leq 0,5t$, но не более 3 мм	$h \leq 0,5t$, но не более 2 мм
3.2	617	Неправильный зазор в корне шва для угловых сварных швов	Зазор между частями, которые должны быть соединены. Зазоры, превышающие определенные пределы, могут быть, в некоторых случаях, компенсированы за счет соотв.увеличения толщины шва	От 0,5 до 3	$h \leq 0,5 \text{ мм} + 0,1a$	$h \leq 0,3 \text{ мм} + 0,1a$	$h \leq 0,2 \text{ мм} + 0,1a$
				> 3	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,3a$, но не более 4 мм	$h \leq 0,5 \text{ мм} + 0,2a$, но не более 4 мм	$h \leq 0,5 \text{ мм} + 0,1a$, но не более 4 мм
							

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B

4. Множественные дефекты

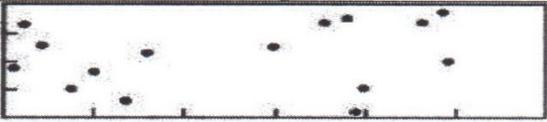
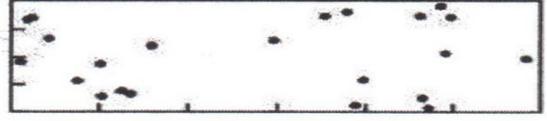
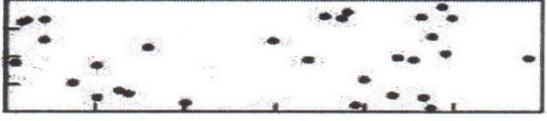
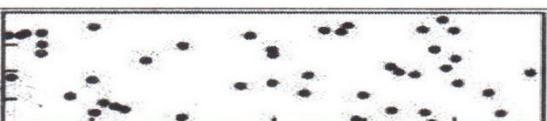
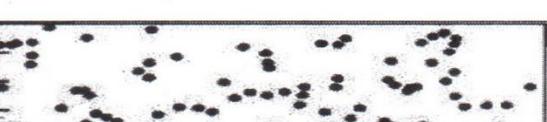
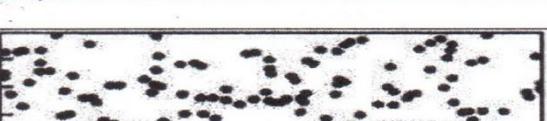
4.1	Нет	Множественные дефекты в каком-либо поперечном сечении	 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$	От 0,5 до 3	Не допускаются		
 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$				> 3	Максимум общей высоты дефектов $\Sigma h \leq 0,4t$ или $\leq 0,25a$	Максимум общей высоты дефектов $\Sigma h \leq 0,3t$ или $\leq 0,2a$	Максимум общей высоты дефектов $\Sigma h \leq 0,2t$ или $\leq 0,15a$

Номер пункта	Обозначение по ИСО 6520-1:1998	Вид дефекта	Пояснения	t, мм	Ограничения на дефекты для различных уровней качества		
					D	C	B
4.2	Нет	Площадь проекции или области поперечного сечения в продольном направлении	<p>Случай 1 ($D > l_3$)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ <p>Сумма площадей $\Sigma h \cdot l$ должна быть рассчитана в процентах от рассматриваемой области $l \cdot w$ (случай 1).</p>	$\geq 0,5$	$\Sigma h \times l \leq 16 \%$	$\Sigma h \times l \leq 8 \%$	$\Sigma h \times l \leq 4 \%$
			<p>Случай 2 ($D < l_3$)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + \left(\frac{h_2 + h_3}{2} \right) \times D + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ <p>Если D меньше, чем самая короткая длина одного из соседних дефектов, то объединение двух дефектов должно быть принято в качестве суммы дефектов (случай 2).</p> <p>Примечание - см. также приложение А для информации.</p>				

Приложение А (справочное)

Примеры определения процента пористости

Рисунки с **A.1** - **A.9** иллюстрируют различные проценты пористости. Они предназначены для помощи при оценке пористости в площадях проекций (рентгенографических) или в площадях поперечного сечения.

Рисунок А.1 - 1 процента поверхности, 15 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.2 - 1,5 процента поверхности, 23 поры, $d = 1$ мм	
Рисунок А.3 - 2 процента поверхности, 30 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.4 - 2,5 процента поверхности, 38 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.5 - 3 процента поверхности, 45 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.6 - 4 процента поверхности, 61 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.7 - 5 процентов поверхности, 76 пор, $d = 1$ мм	
Рисунок А.8 - 8 процентов поверхности, 122 поры, $d = 1$ мм	
Рисунок А.9 - 16 процентов поверхности, 244 поры, $d = 1$ мм	