

Сварка

Сварка — процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

Неразъёмное соединение, выполненное с помощью сварки, называют сварным соединением. Чаще всего с помощью сварки соединяют детали из металлов. Однако сварку применяют и для неметаллов - пластмасс, керамики или их сочетания.

При сварке используются различные источники энергии: электрическая дуга, электрический ток, газовое пламя, лазерное излучение, электронный луч, трение, ультразвук. Развитие технологий позволяет в настоящее время проводить сварку не только в условиях промышленных предприятий, но в полевых и монтажных условиях. Процесс сварки сопряжён с опасностью возгораний; поражений электрическим током; отравлений вредными газами; поражений глаз и других частей тела тепловым, ультрафиолетовым, инфракрасным излучением и брызгами расплавленного металла.

Сварка осуществима при следующих условиях:

1. применении очень больших удельных давлений сжатия деталей, без нагрева;
2. нагревании и одновременном сжатии деталей умеренным давлением;
3. нагревании металла в месте соединения до расплавления, без применения давления для сжатия.

1. Классификация сварки металлов

В настоящее время различают более 150 видов и способов сварочных процессов. Существуют различные классификации этих процессов.

Так, ГОСТ 19521-74 предусматривает классификацию сварки металлов по основным группам признаков: физическим, техническим и технологическим.

Основным физическим признаком сварки является форма и вид энергии, используемой для получения сварного соединения. Форма энергии определяет класс сварки, а её вид - вид сварки. Имеются три класса сварки:

- Термический класс: виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии — газовая, дуговая, электронно-лучевая, лазерная и др.
- Термомеханический класс: виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления — контактная, диффузионная, газо- и дугопрессовая, кузнечная и др.
- Механический класс: виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии — холодная, трением, ультразвуковую, взрывом и др.

К техническим признакам относятся: способ защиты металла в зоне сварки, непрерывность процесса, степень его механизации.

Классификация по технологическим признакам устанавливается для каждого вида сварки отдельно (по виду электрода, роду сварочного тока и т.д.).

2. Термический класс

Сварочная дуга

Электрическую дугу, используемую для сварки металлов, называют сварочной дугой.

Для питания сварочной дуги может

Использоваться переменный, постоянный и пульсирующий виды электрического тока. При сварке на переменном токе, из-за изменения направления его течения, каждый из электродов попеременно является то анодом, то катодом. При сварке на постоянном и пульсирующем токе различают прямую и обратную полярности. При прямой полярности свариваемые детали подсоединяют к положительному полюсу источника питания (аноду), а электрод — к отрицательному (катоду); при обратной полярности — наоборот — к положительному полюсу подключается электрод, а детали — к отрицательному.

Использование того или иного вида тока определяет особенности процесса сварки. Так, дуга на переменном токе гаснет каждый раз, когда ток переходит через ноль. Применение той или иной полярности изменяет тепловой баланс дуги (при прямой полярности больше тепла выделяется на изделии, при обратной — на электроде, см. ниже). При использовании пульсирующего тока путём изменения его параметров (частоты и длительности импульсов) появляется возможность вплоть до отдельных капель регулировать перенос расплавленного металла от электрода в изделие.

Промежуток между электродами называют дуговым промежутком.

В обычных условиях газы не обладают электропроводностью. Прохождение электрического тока через газ возможно только при наличии в нём заряженных частиц — электронов и ионов. Процесс образования заряженных частиц называют ионизацией, а сам газ — ионизированным. Дуга, горящая между электродом и объектом сварки, является дугой прямого действия. Такую дугу принято называть свободной дугой (в отличие от сжатой, поперечное сечение которой принудительно уменьшено за счёт сопла горелки, потока газа, электромагнитного поля). Возбуждение дуги происходит следующим образом. При коротком замыкании электрода и детали в местах касания их поверхности разогреваются. При размыкании электродов с нагретой поверхности катода происходит испускание электронов — электронная эмиссия. Существует также бесконтактное зажигание дуги с помощью осциллятора-стабилизатора сварочной дуги (ОССД). Сварочный осциллятор представляет собой искровой генератор, дающий ток высокого напряжения (3000—6000 В) и частоты (150—250 кГц). Сварочный осциллятор, пробивая расстояние между электродом и деталью, ионизирует газ, в котором загорается рабочая дуга. Такой ток не представляет большой опасности для сварщика.

По длине дугового промежутка дуга разделяется на три области: катодную, анодную и столб дуги. Катодная область включает в себя нагретую поверхность катода (катодное пятно). Температура катодного пятна на стальных электродах 2400—2700 С. Анодная область состоит из анодного пятна. Оно имеет примерно такую же температуру, как и катодное пятно, но в результате бомбардировки электронами на нём выделяется больше теплоты, чем на катоде. Столб дуги занимает наибольшую часть дугового промежутка между катодом и анодом. Основным процессом образования заряженных частиц здесь является ионизация газа. Этот процесс происходит в результате соударения заряженных и нейтральных частиц. В целом столб дуги не имеет заряда. Он нейтрален, так как в каждом его сечении одновременно находятся равные количества противоположно заряженных частиц. Температура столба дуги достигает 6000—8000°C и более.

Особым видом сварочной дуги является сжатая дуга, столб которой сжат с помощью узкого сопла горелки или обдувающим потоком газа (аргона, азота и др.) Плазма это ионизированный газ дугового столба, состоящий из положительно и отрицательно заряженных частиц. Плазма генерируется в канале сопла горелки, обжимается и

стабилизируется его водоохлаждаемыми стенками и холодным потоком плазмообразующего газа. Обжатие и охлаждение наружной поверхности столба дуги вызывает его концентрацию, что приводит к резкому увеличению числа соударений между частицами плазмы, увеличению степени ионизации и резкому повышению температуры столба дуги (10 000 — 30 000К) и кинетической энергии плазменной струи. В результате плазма представляет собой источник теплоты с высокой концентрацией энергии. Это позволяет с успехом использовать её для сварки, напыления и термической резки самых разнообразных материалов.

Электродуговая сварка

Источником тепла является электрическая дуга, возникающая между торцом электрода и свариваемым изделием при протекании сварочного тока в результате замыкания внешней цепи электросварочного аппарата. Сопротивление электрической дуги больше, чем сопротивление сварочного электрода и проводов, поэтому большая часть тепловой энергии электрического тока выделяется именно в плазму электрической дуги. Этот постоянный приток тепловой энергии поддерживает плазму (электрическую дугу) от распада.

Выделяющееся тепло (в том числе за счёт теплового излучения из плазмы) нагревает торец электрода и оплавляет свариваемые поверхности, что приводит к образованию сварочной ванны— объёма жидкого металла. В процессе остывания и кристаллизации сварочной ванны образуется сварное соединение. Основными разновидностями электродуговой сварки являются:

- ручная дуговая сварка
- сварка неплавящимся электродом
- сварка плавящимся электродом
- сварка под флюсом
- электрошлаковая сварка

Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом производится с использованием сварочного источника питания и сварочных электродов. Подача электрода в зону сварки и его перемещение вдоль соединения осуществляются самим сварщиком. Может применяться источник питания как переменного (трансформатор) так и постоянного тока (выпрямитель). Сварочный электрод представляет собой металлический стержень с нанесённым на него покрытием.

В процессе сварки электрическая дуга горит между изделием и электродом, расплавляя их. Расплавленный металл электрода и изделия образуют сварочную ванну, которая при последующей кристаллизации формирует шов сварного соединения.

Вещества, входящие в состав покрытия, либо сгорают — образуя газовую защиту зоны сварки от окружающего воздуха, либо расплавляются и попадают в сварочную ванну. Одни расплавленные вещества покрытия взаимодействуют с металлом сварочной ванны раскисляя и/или легируя его, другие — образуют шлак, защищающий сварочную ванну от воздуха, способствующий удалению неметаллических включений из металла шва, формированию шва и т. д.

Сварка неплавящимся электродом

В качестве электрода используется стержень, изготовленный из графита или вольфрама, температура плавления которых выше температуры, до которой они нагреваются при сварке. Сварка чаще всего проводится в среде защитного газа (аргон, гелий, азот и их смеси) для защиты шва и электрода от влияния атмосферы, а также для устойчивого

горения дуги. Сварку можно проводить как без, так и с присадочным материалом. В качестве присадочного материала используют металлические прутки, проволоку, полосы.

Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов

В качестве электрода используется -металлическая проволока определённой марки, к которой через токоподводящий мундштук подводится ток. Электрическая дуга расплавляет проволоку, и для обеспечения постоянной длины дуги проволока подаётся автоматически механизмом подачи проволоки. Для защиты от атмосферы применяются защитные газы (аргон, гелий, углекислый газ и их смеси), подающиеся из сварочной горелки вместе с электродной проволокой. При отсутствии возможности проводить полуавтоматическую сварку в среде защитных газов также применяют самозащитную проволоку (порошковую). Следует заметить, что углекислый газ является активным газом — при высоких температурах происходит его диссоциация с выделением кислорода. Выделившийся кислород окисляет металл. В связи с этим приходится в сварочную проволоку вводить раскислители (такие, как марганец и кремний). Другим следствием влияния кислорода, также связанным с окислением, является резкое снижение поверхностного натяжения, что приводит, среди прочего, к более интенсивному разбрызгиванию металла, чем при сварке в аргоне или гелии.

Сварка под флюсом

В этом виде сварки конец электрода (в виде металлической проволоки или стержня) подаётся под слой флюса. Горение дуги происходит в газовом пузыре, находящемся между металлом и слоем флюса, благодаря чему улучшается защита металла от вредного воздействия атмосферы и увеличивается глубина проплавления металла.

Контактная сварка

При сварке происходят два последовательных процесса: нагрев свариваемых изделий до пластического состояния и их совместное пластическое деформирование. Основными разновидностями контактной сварки являются: точечная контактная сварка, стыковая сварка, рельефная сварка, шовная сварка.

Точечная сварка

При точечной сварке детали зажимаются в электродах сварочной машины или специальных сварочных клещах. После этого между электродами начинает протекать большой ток, который разогревает металл деталей в месте их контакта до температур плавления. Затем ток отключается и осуществляется «проковка» за счёт увеличения силы сжатия электродов. Металл кристаллизуется при сжатых электродах и образуется сварное соединение.

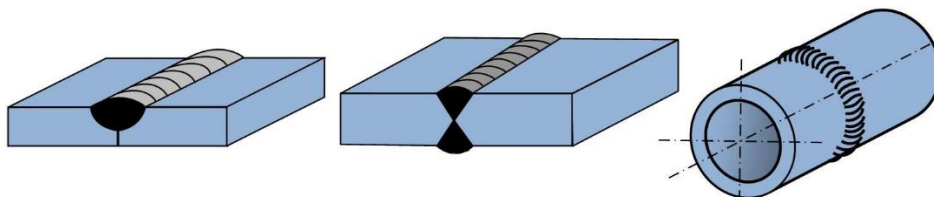
3. Типы сварных швов.

Сварные конструкции характеризуются широким диапазоном применяемых толщин, форм и размеров соединяемых элементов, а также многообразием взаимного расположения свариваемых деталей. В зависимости от взаимного расположения свариваемых деталей различают пять типов сварных соединений (согласно ГОСТ 5264-80 "Швы сварных соединений, ручная дуговая сварка" и ГОСТ 14771-76 "Швы сварных соединений, сварка в защитных газах"):

- стыковое – "С";
- нахлесточное – "Н";
- тавровое – "Т";
- угловое – "У".

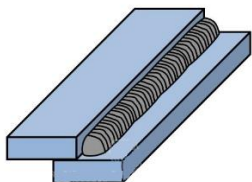
Примечание: отличие Н от Т в том, что у Н опорная поверхность больше чем толщина, а у Т поверхность прилегания меньше чем длина детали.

В **стыковом** (С) сварном соединении поверхности свариваемых элементов располагаются в одной плоскости или на одной поверхности, а сварка выполняется по смежным торцам.



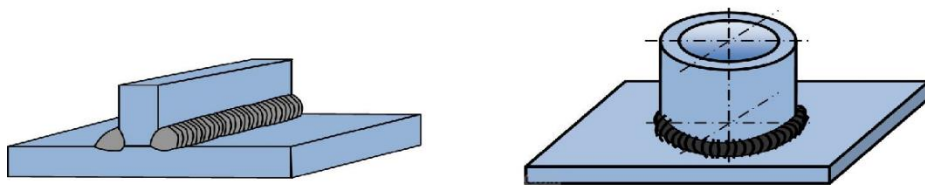
В **нахлесточном** (Н) сварном соединении поверхности свариваемых элементов располагаются параллельно так, чтобы они были смещены и частично перекрывали друг друга.

Нахлесточные соединения менее чувствительны к погрешностям при сборке, но хуже чем стыковые работают при нагрузках, особенно знакопеременных.



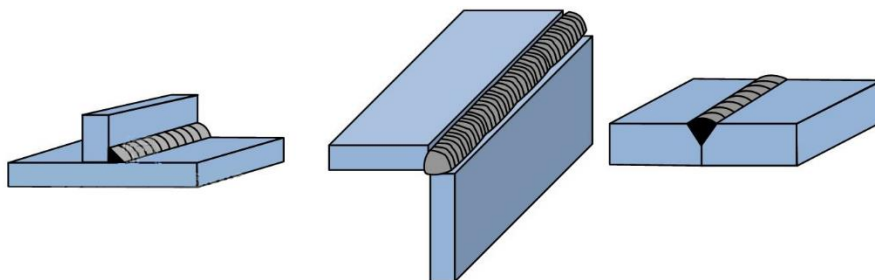
Тавровое (Т) сварное соединение получается, когда торец одной детали под прямым или любым другим углом соединяется с поверхностью другой.

Тавровые соединения обеспечивают высокую жесткость конструкции, но чувствительны к изгибающим нагрузкам.

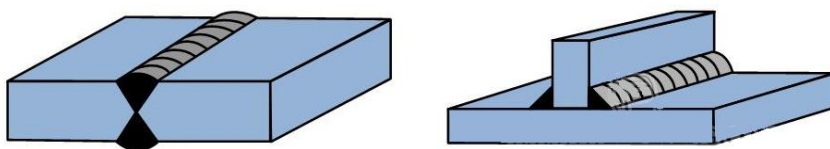


Все сварные соединения могут быть выполнены:

односторонними, когда источник нагрева перемещается с одной стороны соединения;



двусторонними, когда источник нагрева перемещается с двух сторон соединения. В таком сварном соединении корень стыкового шва находится внутри сечения.



Профиль поперечного сечения для стыковых швов



**выпуклый
сварной шов**



**нормальный
сварной шов**



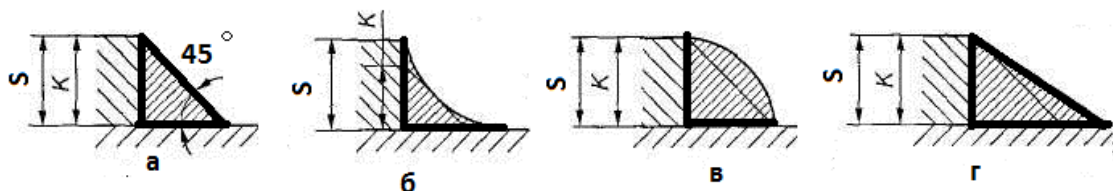
**вогнутый
сварной шов**

По профилю поперечного сечения стыковые швы делятся на: выпуклые; нормальные; вогнутые.

Выпуклые сварные швы лучше работают при статических (постоянных) нагрузках, однако они неэкономичны.

Нормальные и вогнутые швы лучше подходят при динамических и знакопеременных нагрузках, поскольку в результате более плавного перехода от основного металла к сварному шву снижается вероятность возникновения концентрации напряжений, приводящих к разрушению шва.

Профиль поперечного сечения для угловых швов



По профилю поперечного сечения угловые швы делятся на:

- нормальные (а) - катет шва принимается равным толщине листа ($K=S$);
- вогнутые (б) - катет шва $K=0,8 S$;
- выпуклые (в);
- специальные (г) - профиль представляет неравнобедренный прямоугольный треугольник (один из катетов $K=S$).

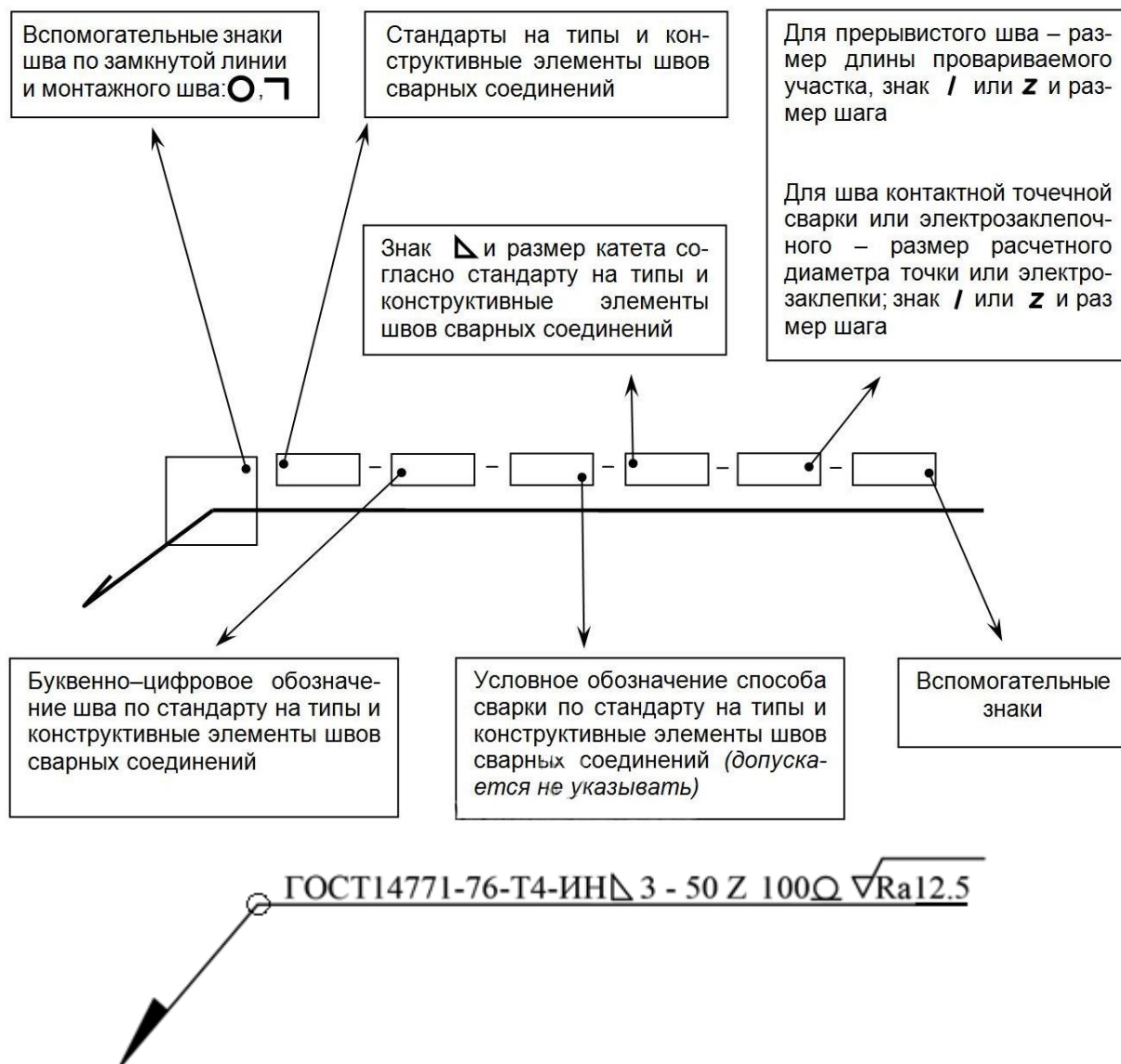
Вогнутые швы применяют в особо ответственных конструкциях при переменных нагрузках, так как вогнутость обеспечивает плавный переход от шва к основному металлу детали, благодаря чему снижается концентрация напряжений. Вогнутый шов повышает стоимость соединения, так как требует глубокого провара и последующей механической обработки для получения вогнутости

Выпуклые - вызывают повышенную концентрацию напряжений.

Наиболее приемлем нормальный профиль углового шва. Специальные швы применяют при переменных нагрузках, так как их применение значительно снижает концентрацию напряжений.

4. Обозначение сварного шва.

На приведенной ниже схеме показана структура условного обозначения стандартного сварного шва.



Условные обозначения некоторых способов сварки представлены ниже:

А – автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок и подушек и подварочного шва;

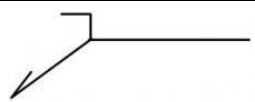
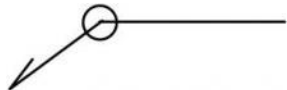
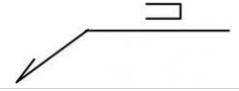
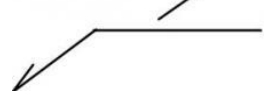
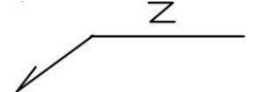
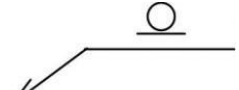
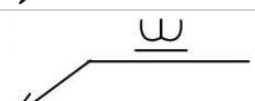
Аф – автоматическая сварка под флюсом на флюсовой подушке;

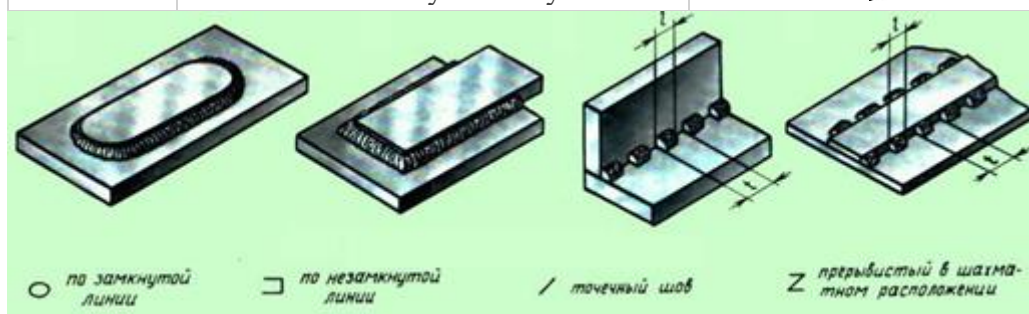
ИН – сварка в инертных газах вольфрамовым электродом без присадочного металла;

ИНп – сварка в инертных газах вольфрамовым электродом, но с присадочным металлом;

ИП – сварка в инертных газах плавящимся электродом;

УП – сварка в углекислом газе плавящимся электродом.

Вспомогательный знак	Описание	Шов
└	Шов выполнить при монтаже изделия (монтажный шов).	
○	Шов по замкнутой линии.	
□	Шов по незамкнутой линии.	
/	Шов прерывистый с цепным расположением.	
z	Шов прерывистый с шахматным расположением.	
р	Снять выпуклость шва.	
Э	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу.	



Механическая обработка сварного шва

Форма поперечного сечения шва сварного соединения может быть:

нормальной (рисунок 1б, рисунок 2б);

выпуклой (рисунок 1а, рисунок 2а);

вогнутой (рисунок 1в).

Необходимая форма поперечного сечения шва достигается применением механической обработки шва сварного соединения.

На рисунках 1б и 2б изображены формы поперечных сечений швов со снятым усилением.

На рисунках 1в и 2в изображены формы поперечных сечений швов с плавным переходом к основному металлу.

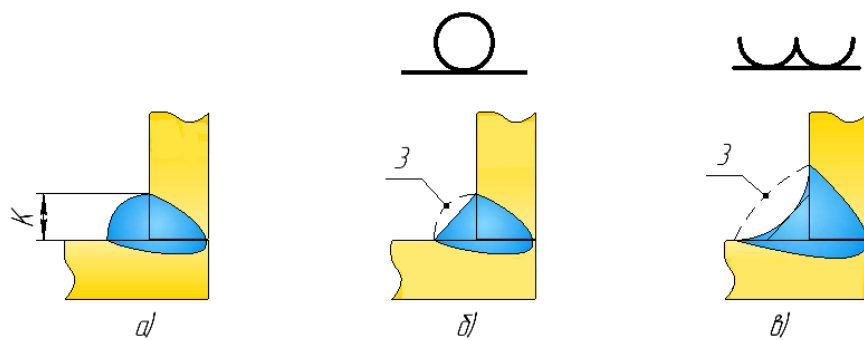


Рисунок 1

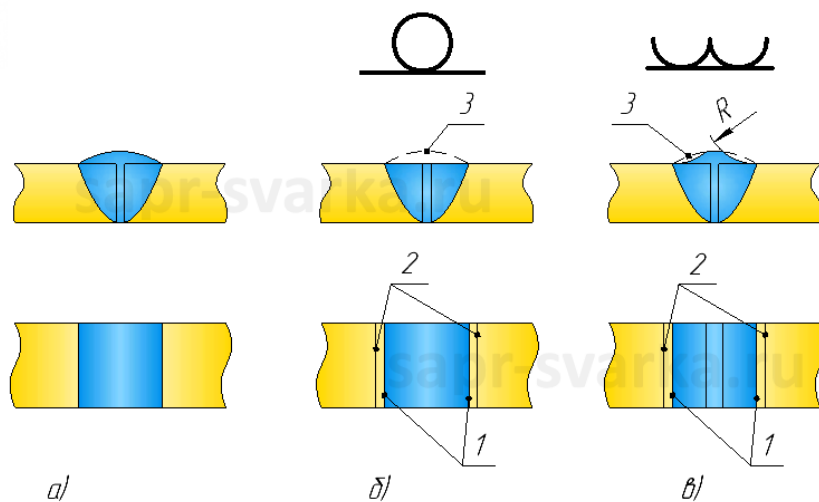
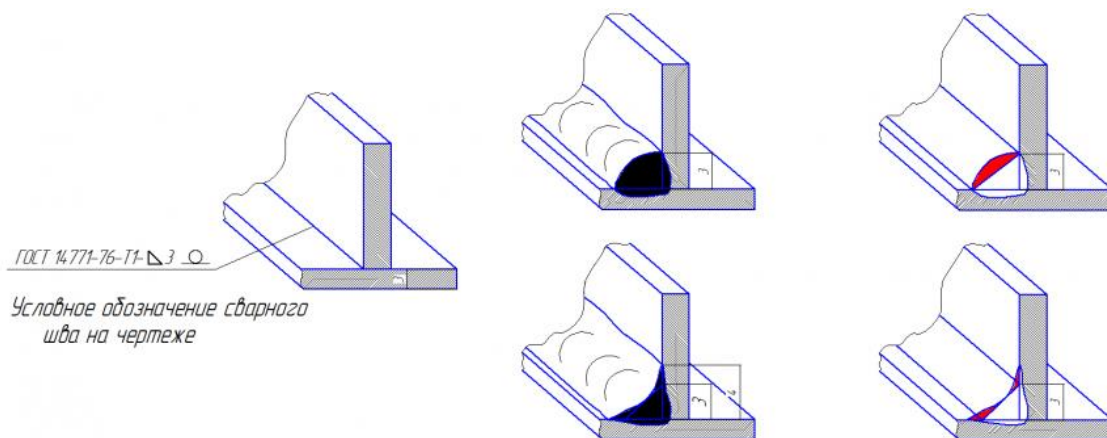


Рисунок 2



Так получилось у сварщика
после сварки

Так должно получиться после
мех. обработки (все что красным нужно
чем то аккуратно и красиво удалить)

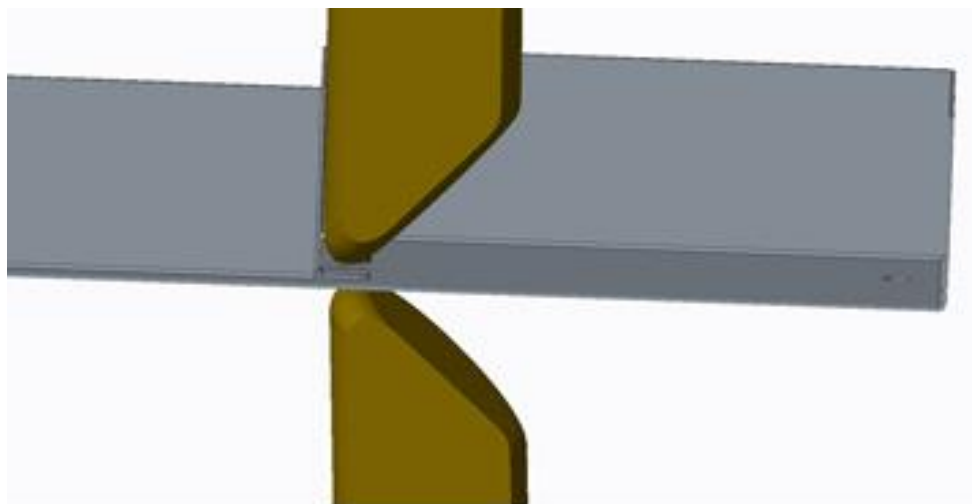
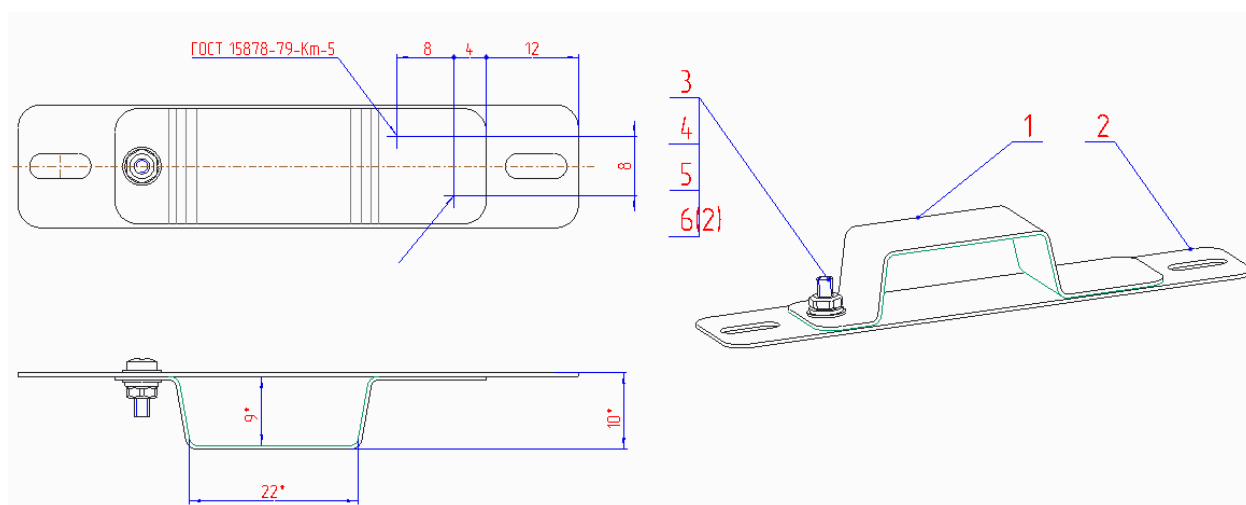
5. Точечная контактная сварка

Машина контактной точечной сварки с радиальным ходом верхнего электрода типа МТР-16073, предназначена для контактной сварки переменным током изделий из низкоуглеродистых и нержавеющей сталей, а также других металлов и сплавов, которые можно сваривать переменным током.

При точечной сварке детали сжимаются между электродами машины с усилием 100-250 кг, затем через место сварки пропускается один или несколько импульсов сварочного тока силой в несколько тысяч ампер. Под действием сжимающего усилия электродов происходит соединение деталей между собой.

Детали удерживаются в сжатом состоянии столько времени, сколько необходимо, чтобы металл остыл до температуры, при которой он имеет достаточную прочность – этот процесс называют «Проковка». Тепло у свариваемого металла интенсивно забирают электроды, которые изнутри охлаждаются потоком охлаждающей жидкости. После остывания металла электроды разжимают.

Применяя специальные наконечники электродов (наконечники с вольфрамовыми вставками или из нержавеющей стали) или специальные методики сварки (прокладывая листовую сталь 0.5 – 1 мм между электродом и деталью), можно сваривать изделия из алюминия и его сплавов. Алюминий и его сплавы также можно сваривать медными электродами с пятном контакта не более 3 мм. Электродами с вольфрамовыми вставками диаметром 2-4 мм сваривают листовую медь и приваривают медные жилы к листовой меди.



Размер полки min 10мм

Допускается сварка деталей неодинаковой толщины; при этом размеры конструктивных элементов следует выбирать по детали меньшей толщины.

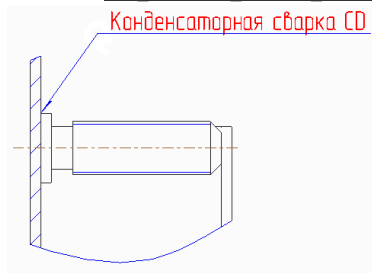
$$\frac{s}{s_1} > 2$$

В случае минимальные величины нахлестки, расстояние между центрами соседних точек в ряду и расстояние между осями соседних рядов точек следует увеличить в 1,2-1,3 раза. (ГОСТ15878-79 п.7).

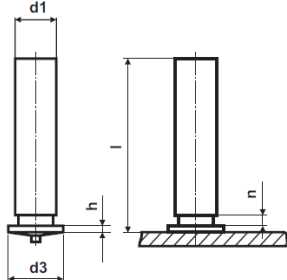
Рекомендованное время сварки $T_{пз}=15$ мин; $T_{шт}=(0,25\text{мин (на одну точку)} + \text{разметка} + \text{выставление})$.

В IPS есть инструкция АДН.25290.00004 «Контактная точечная сварка углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, алюминия и его сплавов машиной с автономным охлаждением и электромагнитным приводом» - адрес «Информационное пространство\Объекты\Документы\Технологические документы»

6. Приварка резьбовых шпилек и лепестков заземления.

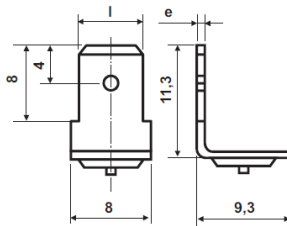


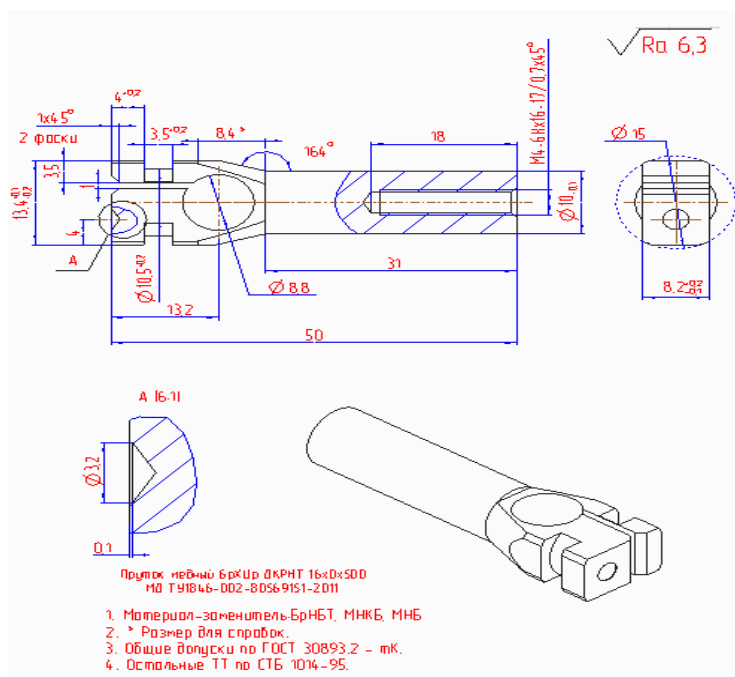
Шпилька приварная резьбовая используется для установки, предпочтительно на тонколистовой металл, для дальнейшей навески на нее необходимого оборудования и его фиксации с помощью гайки

Шпилька приварная						
CFT  Материал: - омедненная сталь - нержавеющая сталь - алюминий (M8 max) - латунь (M8 max)		d ₁	l	d ₃	h	n _{max}
	M3	6 - 50 mm	4,5 mm	0,7 - 1,4 mm	1,5 mm	
	M4	6 - 50 mm	5,5 mm	0,7 - 1,4 mm	1,5 mm	
	M5	6 - 70 mm	6,5 mm	0,8 - 1,4 mm	2 mm	
	M6	6 - 80 mm	7,5 mm	0,8 - 1,4 mm	2 mm	
	M8	10 - 80 mm	9,0 mm	0,8 - 1,4 mm	2 mm	



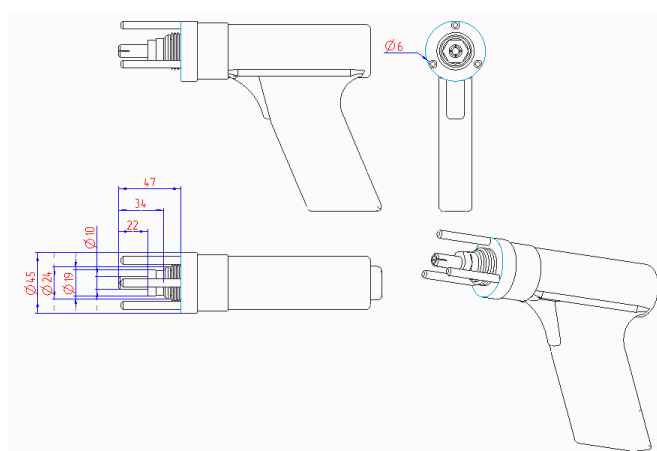
Лепесток заземления приварной используется для быстрой и надежной установки заземления на металл

Лепесток заземления одинарный		
CDL  Материал: - омедненная сталь - нержавеющая сталь - алюминий - латунь		
	l	e
	6,3 mm	0,8 mm

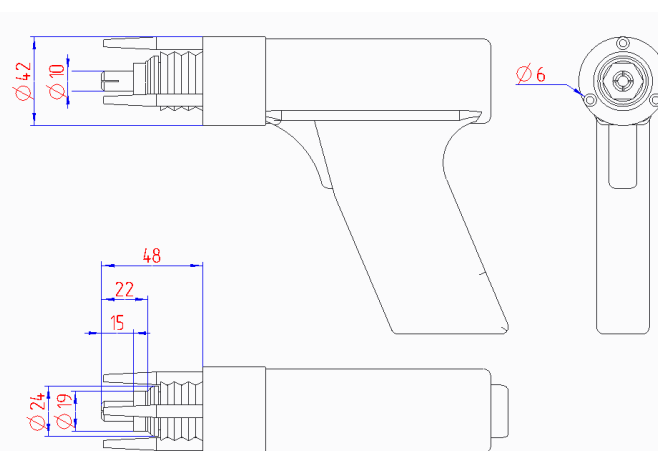


(ADNT1180.0024.01.000— собственного производства)

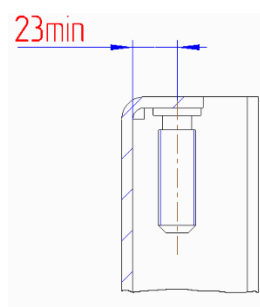
Пистолет 1



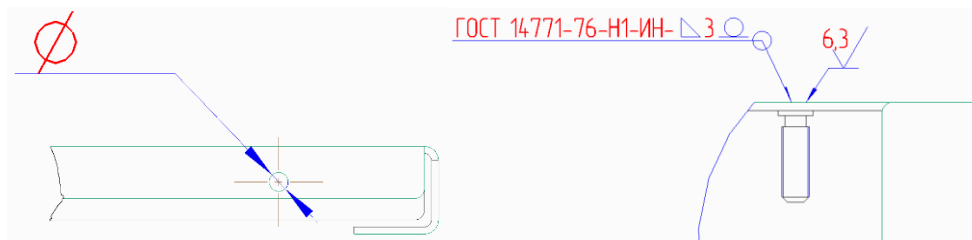
Пистолет 1



Существует ограничение по конденсаторной сварке шпилек на деталях с минимальным расстоянием до стенки 23мм



Если расстояние меньше чем 23мм, то выполняется отв. в детали под приварку шпильки следующим образом:



Ф отв. равен:

М3 – не применять, если только нахлесточным швом.

М4 – 4,5мм (листы до 1мм); 6,5мм (листы от 1,5мм);

М5 – 5,5мм (листы до 1.5мм); 7,5мм (листы от 2мм);

М6 – 6,5мм (листы до 2мм); 8,5мм (листы от 2мм);

М8 – 8мм(листы до 3мм); 10мм (листы от 3мм).

Рекомендованное время сварки Тпз=5 мин; Тшт=1мин (на одну шпильку).

7 Защита поверхности металла до сварки

Металл под сварку должен быть подготовлен - очищен от средств консервации, от влаги, грязи, ржавчины, окалины, масел и других загрязнений.

Предварительная обработки поверхностей металлов,

- Аэрозоли, предотвращающие прилипание брызг при сварке;
- Аэрозольные защитные средства для обработки поверхностей перед сваркой;
- Средства для обработки газовых сопел сварочных горелок;
- Пасты и жидкости для травления сварочных швов нержавеющей стали и алюминия;
- Аэрозольные спреи для цветной дефектоскопии;
- Аэрозольный детектор утечки газа;
- Силиконовые смазки-спреи;
- Аэрозольные очистители и обезжириватели для металлов;
- Цинковые спреи, спреи для алюминия, нержавеющей стали.

Если перед процессом сварки поверхность обработать специальными средствами от налипания брызг, то отпадает необходимость последующей механической обработки.

Моющее и чистящее средство это обезжиривающий и очищающий спрей для металлов, нержавеющей стали и алюминия. Он устраняет любую грязь, присутствующую на металлах: масляные пятна, жировые пятна, инкрустации, смолы, нагары и клея. Быстро испаряется, не оставляя остатков смазки.

Теплоабсорбирующая паста - это специальная паста с отличными термическими свойствами. Она предохраняет все материалы от жара кислородно-ацетиленового пламени

во время сварки, твердой или мягкой пайки и предотвращает выгорание, отслаивание и растрескивание стекла, резины, краски, синтетических материалов и текстиля. Благодаря этому отпадает необходимость разборки деталей и экономится рабочее время.

8. Защита поверхности металла после сварки

Травление используется для предварительной подготовки металлических изделий к нанесению защитных покрытий. Процесс пассивации металла создаёт на поверхности тонкие пленки, улучшая его антикоррозийные свойства.

Очистка нержавеющей стали.

Основная часть свариваемых материалов в пищевой и медицинской промышленности — это нержавеющая сталь и цветные металлы. При сварке нержавеющих сталей на поверхности шва и околошовной зоны появляется оксидный слой. Ферритные частицы, подверженные коррозии, могут проникать в аустенитную нержавеющую сталь при контакте с ножницами, транспортными приспособлениями, щетками и т. п. Аналогичные повреждения поверхности могут иметь место при резке, горячей штамповке, термообработке изделий из нержавеющих сталей

Особенно высока вероятность коррозии нержавеющей стали после сварки, т.к. во время дугового расплавления металла в сварочной ванне, происходит активное выгорание легирующих сталь веществ, и в частности хрома, таким образом, в металле шва и на его границах повышается концентрация железа. Оксидные слои могут иметь различный химический состав, состоящий из оксидов молибдена, титана и особенно - железа. Этот слой в значительной степени ослабляет стойкость соединения к коррозии.

Появление так называемых “цветов побежалости” свидетельствует не только о возможном перегреве металла, но и изменении химического состава поверхностного слоя, что в свою очередь нарушает его антикоррозионные свойства.

Многие заканчивают обработку сварного шва механической зачисткой абразивным инструментом (шлифовальными кругами, витыми щетками (кор-щетками), методом стекло- дробе- струйной обработки), что временно дает чистый внешний вид, но никак не влияет на пониженное содержание хрома в металле шва, и соответственно на коррозионную стойкость. Такой шов со временем, неизбежно подвергнется коррозии.

Любое механическое воздействие на нержавеющую сталь необходимо заканчивать пассивацией поверхности. Механическая обработка не является альтернативой или заменой пассивации.

Для защиты от коррозии сварного шва необходимо прибегать к химическим методам травления и пассивации. Травление является наиболее эффективным методом финишной обработки. При правильном выполнении технологической операции, травление позволяет устранить и вредный оксидный слой, и зону со сниженным содержанием хрома.

После обработки пастой - травление и пассивация (детали не больших размеров) нежелательные оксиды растворяются, и нержавеющая сталь опять становится блестящей, а на ее поверхности создается тонкий защитный слой оксида хрома.

Благодаря гелеобразной консистенции не возникает опасность высыхания и сохраняется однородная структура. Паста не содержит хлоридов, которые могут быть вредными.



Жидкость для травления поверхностей из нержавеющей сталей - для травления больших поверхностей (контейнеров и баков из нержавеющей стали AISI 316 и 304) .

На АДАНИ имеется Травильная паста **Stain Clean** (Адрес в IPS: «Информационное пространство\Каталоги справочники IMBASE\ Каталоги\ Материалы\ 02.Технологические материалы \ Сварочные материалы\пасты»)

Очистка алюминия.

Средство для травления алюминия - это средство для травления, удаляющее вызванные сваркой загрязнения алюминия и других металлов, например, латуни. После травления остается гладкая, светлая поверхность.

Время воздействия зависит от степени загрязнения и вида основного металла.

Средства для восстановления металлической поверхности

Холодные цинковые спреи Zinco 98 и Zincosil 400 с высоким содержанием цинка особенно подходят:

9. Свариваемость сталей и сплавов

Свариваемость — свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Свариваемость стали во многом зависит от степени легирования, структуры и содержания в ней углерода. Наибольшее влияние на свариваемость оказывает углерод. Чем выше его содержание в стали, тем больше вероятность образования холодных или горячих трещин, тем труднее обеспечить равнопрочность сварного соединения и основного металла.

По свариваемости стали подразделяются на четыре группы, для которых характерна хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая свариваемость.

Классификация основных марок сталей по свариваемости приведена в табл.

Группа	С _{экл} , %	Марки сталей	
		углеродистых	легированных
I	Не более 0,25	Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Стали 08, 10, 15, 20, 25	15Г, 20Г, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХМ, 20ХГСА, 10ХСНД, 10ХГСНД, 15ХСНД
II	0,25...0,35	Ст5, Стали 30, 35	12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 20ХН, 20ХГСА, 30Х, 30ХМ, 25ХГСА
III	0,35...0,45	Ст6, Стали 40, 45	35Г, 40Г, 45Г, 40Г2, 35Х, 40Х, 45Х, 40ХМФА, 40ХН, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХМ, 20Х2Н4МА
IV	Свыше 0,45	Стали 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85	50Г, 50Г2, 50Х, 50ХН, 45ХНЗМФА, ХГС, 6ХС, 7ХЗ

К первой группе относятся стали, у которых С_{экл} не превышает 0,25 %. Их сваривают на любых режимах без подогрева и последующей термообработки. Качество сварных соединений высокое.

Во вторую группу входят стали с С_{экл} в пределах 0,25...0,35 %. Для получения высококачественных сварных соединений этих сталей необходимо строго соблюдать оптимальные режимы сварки, применять специальные присадочные материалы и флюсы, а также тщательно подготавливать кромки к сварке. В некоторых случаях требуется предварительный подогрев до температуры 100...150°C с последующей термообработкой.

К третьей группе относятся стали, у которых значения С_{экл} находятся в пределах 0,35...0,45 %. Их сварку выполняют с предварительным подогревом до температуры 250...400 °C и последующим отпуском.

Четвертую группу составляют стали с С_{экл} свыше 0,45 %. Стали этой группы свариваются очень трудно. Для их сварки необходим предварительный высокотемпературный, а в ряде случаев и сопутствующий подогрев с последующей термообработкой — высоким отпуском или нормализацией.

10. Аргонодуговая сварка TIG

TIG (Tungsten Inert Gas) - ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертного защитного газа, когда присадочный пруток и горелка находятся в руках сварщика. Поскольку чаще всего в качестве материала для неплавящихся электродов используется вольфрам, в немецкоязычной литературе используют сокращение WIG (Wolfram Inert Gas - сварка вольфрамовым электродом в инертном газе); иногда встречается обозначение GTAW (Gas Tungsten Arc Wolfram - дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитных газов). Может осуществляться с ручной или автоматической подачей присадочной проволоки или без нее. Так как наиболее распространено применение в качестве защитного газа аргона, за этим методом закрепилось название «аргонодуговая сварка». Следует, однако, заметить, что такое наименование не совсем правильно, потому что при сварке методом TIG в качестве защитного газа могут использоваться также гелий, азот или газовые смеси; кроме того, сварка с использованием аргона в качестве защитного газа может вестись и с применением плавящегося электрода. При описании оборудования для сварки методом TIG упоминание самого метода сварки обычно дополняют упоминанием рода сварочного тока: DC (Direct Current) - постоянный ток - переменный ток/постоянный ток (модели [Гудвилл™ TIG-315P AC/DC](#), [Гудвилл™ TIG-500P AC/DC](#)).

Процесс, в ходе которого осуществляется аргонодуговая сварка, основан на возникновении дуги между неплавящимся вольфрамовым электродом и свариваемым изделием. Электрод помещен в токопроводящем устройстве горелки и окружен керамическим соплом. Под воздействием электрической дуги происходит расплавление свариваемых кромок. Аргон нагнетается по токоведущему устройству и под его давлением вытесняется кислород, при этом сама сварочная ванна остаётся защищенной от окисления и азотирования. Благодаря тому, что электрическая дуга сжата и сконцентрирована на малой поверхности в зоне плавления достигается очень высокая температура (4000...6000°C). Подаваемый в зону дуги присадочный материал в электрическую цепь не включается. Полученный шов является единым целым со свариваемыми деталями, что гарантирует высокий уровень прочности, герметичности и долговечность изделия. В ряде случаев при сварке алюминия и нержавеющей сталей применяется аргонодуговая сварка с использованием плавящихся электродов. При сварке неплавящимся электродом зажигание дуги не происходит путем касания к изделию. Аргон имеет высокий потенциал ионизации, что сильно усложняет ионизацию дугового промежутка за счет возникновения искры между электродом и изделием. Кроме того, при касании вольфрамовый электрод загрязняется и начинает интенсивно оплавляться. Поэтому при таком способе сварки для зажигания дуги необходимо наличие у источника питания специального устройства – осциллятора. Через осциллятор идет передача на электрод высокочастотных высоковольтных импульсов, ионизирующих дуговой промежуток и обеспечивающих после включения тока зажигание дуги. В случае, если сварка аргоном ведется на постоянном токе, количество тепла на катоде и аноде неравномерно. Так, например, при силе тока до 300А на аноде выделяется до 70% тепла, а на катоде только 30%. Учитывая этот фактор, для достижения максимального эффекта проплавления при минимальном разогреве электрода, почти всегда применяется прямая полярность. Для более активной защиты металла и устранения пористости, иногда, используется аргон с добавкой кислорода. Чистый аргон не обеспечивает полной защиты от влаги, загрязнений и различных включений. А, химическая реакция кислорода с вредными примесями приводит к их выгоранию либо превращению во всплывающие на поверхности сварочной ванны соединения, что и предотвращает пористость.

Благодаря появлению сварки в среде аргона стала возможна тонкая работа с металлом и изготовление изделий, отвечающих высоким эстетическим запросам. Данный способ не требует применения электродных покрытий и флюсов, а также гарантирует высокое качество сформированных швов, не требующих зачистки от шлаков. Такой вид сварки стал

большим плюсом в сфере резки металла, значительно ускорив процесс и предохраняя кромки разреза от возникновения нитридных, оксидных и других пленок. Немаловажно, что во время резки аргоном отходы выдуваются аргоновой струей. Общеизвестно, что сварка аргоном относится к самым чистым и качественным видам сварки, с минимальным выделением сварочных аэрозолей. Аргонодуговая сварка возможна на малых токах, что положительно отражается на повышении производительности труда при операциях с тонколистовыми металлами (от 0,5 мм). Кроме того, существует возможность не только проводить сваривание плохо поддающихся сварке металлов, но и осуществлять наплавку, т.е. восстановление утраченного объема изношенных деталей.

Особенности и преимущества аргонодуговой сварки:

Уникальные возможности аргонодуговой сварки позволили найти ей широкое применение там, где должен быть исключён контакт кислорода, углекислого газа, азота и влаги воздуха с расплавленным металлом сварочной ванны. Любая аргонодуговая сварка, гарантирует создание надежного и долговечного соединения. TIG сварка отличается от обычной сварки целым рядом преимуществ:

1. Высокое качество швов, практически невидимых и почти без флюсов и шлаков;
2. Возможность использования без присадок (при небольшой толщине шва);
3. Точное выдерживание глубины проплавления, что имеет большое значение при проведении работ с односторонним доступом к поверхности;
4. Возможность работать с неповоротными конструкциями (трубами, коробами и другими);
5. Применением неплавящихся вольфрамовых электродов;
6. Аргонодуговая сварка также позволяет увеличить срок эксплуатации готового изделия.

Использование аргонодуговой сварки

Для достижения максимального эффекта от аргонодуговой сварки, цена которой всегда оправдывает ее высокое качество, необходимо наличие профессиональных навыков у сварщиков и специального дорогостоящего оборудования. Только в этом случае гарантируются точность соблюдения технологии и успешный сварочный процесс. Кроме того, TIG сварка, требует использования качественных материалов (присадочный пруток, вольфрамовые электроды), что позволяет нам добиться высокой прочности и долговечности соединения.

Область применения аргонодуговой сварки в настоящее время довольно широка и применяется как в быту, так и в промышленности – везде, где предъявляются высокие требования к качеству сварных швов. С развитием автомобилестроения остро встал вопрос надёжного соединения алюминия, титана, латуни, меди, нержавеющей стали и пр., ответом, на который стала сварка аргоном, отвечающая всем предъявляемым требованиям. Таким образом, свариваются радиаторы, блоки, литые диски, кондиционеры, узлы кузова и ещё многое другое. При этом аргонодуговая сварка позволяет решить многие проблемы, связанные с ремонтом данных деталей автомобиля и избежать очередной покупки. Не менее широко используется сварка в среде аргона для соединения металлов плохо поддающихся сварке, тонкостенных изделий и резки толстых листов из тугоплавких металлов.

В этом плане аргонодуговая сварка стала настоящим технологическим прорывом в сфере металлообработки. В основном сварка аргоном используется для сваривания сплавов на основе алюминия и нержавеющей сталей, где особую важность имеет неразрывность шва. Швы и наложения представляют с деталью после сварки одно целое. А ведь "аргоном" можно варить и алюминий, и нержавейку, и сталь, и медь, и чугун, и многие другие металлы и сплавы. Данный вид сварки нашел широкое применение в ядерной, химической, авиационной и пищевой промышленности.

11. Дуговая сварка под флюсом

Сварка под флюсом – SAW (Submerged Arc Welding) как правило выполняется сварочными автоматами. В качестве электрода используется сварочная проволока, подвод тока к которой осуществляется скользящим контактом. Подача проволоки в зону сварки производится подающими роликами. Зона сварки закрыта плотным слоем флюса, который высыпается из бункера во время движения сварочного автомата.



В расплавленном флюсе газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость – газовый пузырь, в котором горит сварочная дуга.

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны приводит к образованию сварного шва. Затвердевший флюс образует на поверхности шва шлаковую корку.

Флюс представляет собой неметаллический гранулированный порошок, который эффективно защищает расплавленный металл от воздуха. Металлургические взаимодействия между расплавленным металлом и флюсом способствуют получению требуемого химического состава и механических свойств металла шва.

Сварку ведут на токах, значительно превышающих силу тока при ручной сварке, что дает существенные преимущества сварки под флюсом перед ручной сваркой: повышается производительность, увеличивается глубина проплавления металла.

Во-первых, токопровод к проволоке при сварке под флюсом осуществляется на малом расстоянии от дуги (вылет электрода 40-70 мм, тогда как при ручной сварке ток проходит по всему электроду длиной 350-450 мм), что повышает КПД процесса.

Во-вторых, на проволоке отсутствует покрытие, которое имеется на электроде и при сильном нагреве разрушается.

В-третьих, с увеличением тока возрастает давление дуги на металл, вследствие чего происходит выдувание расплавленного металла из сварочной ванны, а это в свою очередь ведет к плохому формированию шва. При сварке под флюсом плотный слой флюса это предотвращает.

Существуют разновидности сварки под флюсом, когда в зону сварки одновременно подаются две и более сварочные проволоки и, соответственно, плавление металла осуществляется двумя и более дугами (двухдуговая и многодуговая сварка).



Применяются эти способы для увеличения тепловой мощности источника нагрева (например, при сварке алюминия, обладающего высокой теплопроводностью), для увеличения производительности процесса сварки, для придания двум швам различных размеров и форм.

Макрошлиф сварного соединения, полученного при двухдуговой сварке: первый шов создает глубокой проплавление, второй – обеспечивает плавный переход от основного металла к наплавленному.

Основными параметрами процесса сварки под флюсом являются: сила сварочного тока, диаметр сварочной проволоки, напряжение на дуге, скорость сварки, вылет электрода, а также род тока и полярность.

Род тока и полярность оказывают значительное влияние на размеры шва, что объясняется различным количеством теплоты, выделяющимся на катоде и аноде дуги. При сварке на постоянном токе прямой полярности глубина проплавления на 40-50%, а на переменном токе - на 15-20% меньше. Это объясняется тем, что на катоде выделяется больше тепла, электродная проволока плавится быстрее, производительность – выше.

Начало и окончание шва при сварке под флюсом производится обычно на выводных металлических пластинах длиной 100-200 мм, которые на прихватках крепятся к свариваемому изделию и после сварки удаляются.

Дуговая сварка под флюсом (SAW) представляет собой высокоэффективный автоматизированный метод сварки.

Автоматы для дуговой сварки по своей конструкции делятся на две группы: сварочные тракторы и подвесные головки.

Сварочный трактор

Это автомат, который в процессе работы перемещается по свариваемому изделию или направляющим, уложенным в одной плоскости с изделием.

Он состоит из тележки, в которой размещен привод движения трактора. К тележке прикреплен механизм подачи проволоки, бункер с флюсом, блок управления и катушка со сварочной проволокой. Штанга и механизм подачи проволоки имеют возможность поворота и наклона для сварки тавровых соединений, а также швов, расположенных вне колеи движения трактора.



Подвесная головка

Это сварочный автомат, который в процессе работы находится над изделием. Головки могут быть самоходными и перемещаться по направляющим, закрепленным над изделием, или не иметь собственного привода и перемещаться вместе с порталом.

В автоматизированных установках для сварки под флюсом обычно предусмотрена система автоматической уборки оставшегося на поверхности шва нерасплавленного флюса с помощью флюсоаппаратов, действующих по принципу пылесоса.

При сварке протяженных швов проволока часто размещается не на катушках, имеющих ограниченный вес, а в объемных картонных коробках. Это уменьшает отходы проволоки из-за отсутствия смены катушек с её остатками.

Сложные сварочные установки обычно имеют мощное программное обеспечение, которое обновляется с сайта фирмы-производителя оборудования.

ПРЕИМУЩЕСТВА СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

Более высокая производительность сварки за счет:

- увеличенной силы тока и скорости сварки,
- большей глубины проплавления и уменьшения количества слоев при сварке толстого металла,
- отсутствия смены электродов,
- более рационального использования энергии и увеличенного коэффициента наплавки,
- отсутствия брызг и необходимости их зачистки.

Более высокое качество сварки за счет:

- надежной защиты от атмосферы,
- снижения влияния субъективных факторов, связанных с работой сварщика,
- хорошего формирования шва, постоянства его формы и размеров.

Лучшие условия труда за счет:

- отсутствия необходимости в защите от светового и ультрафиолетового излучения и брызг расплавленного металла,
- меньшего количества вредных газов, выделяющихся при сварке.

Основным недостатком сварки под флюсом является то, что она выполняется только в нижнем положении из-за сложности удержания флюса на изделии. При этом необходимо предусмотреть способы удержания сварочной ванны от вытекания в зазор между деталями. Одним из наиболее распространенных способов является сварка на флюсовой подушке. В этом случае обеспечивается хорошее формирование обратной стороны шва за счет плотного поджатия к изделию флюса, засыпанного на гибкую ленту, которая поднимается при подаче воздуха в резиновый шланг. Еще один недостаток – отсутствие возможности визуального наблюдения за формированием шва.

Основная область применения сварки под флюсом – протяженные прямолинейные непрерывные швы на металле толщиной более 8 мм или кольцевые швы на трубах и сосудах диаметром более 500 мм.

12. Сварка алюминиевых сплавов

Легирование алюминия увеличивает в первую очередь его прочность. Алюминий легируют в основном магнием, марганцем, медью, кремнием, цинком. Алюминиевые сплавы классифицируют по технологии изготовления (деформируемые и литейные), а также по способности к термической обработке (неупрочняемые и упрочняемые термической обработкой). Сварные конструкции изготавливают из деформируемых сплавов, сведения о которых приведены в ГОСТ4784-74. Важнейшим показателем свариваемости алюминиевых сплавов является способность не образовывать при сварке «горячих трещин». Сплавы, крайне чувствительные к горячему трещинообразованию, считаются несвариваемыми. Применение их в сварных конструкциях не рекомендуется. Сплавы, не упрочняемые термической обработкой, имеют низкий уровень легирования. Механическая их прочность относительно невысока, но они хорошо свариваются и являются коррозионно-стойкими. Это сплавы алюминий-марганец (отечественное обозначение АМц, общемировое обозначение AlMn), алюминий-магний (АМг или AlMg); к ним же можно отнести и технический алюминий. Заготовки из этих сплавов выпускаются в отожженном и холоднодеформированном (нагартованном) состоянии. Сплавы, упрочняемые термической обработкой (закалка с последующим старением), имеют обычно более высокую степень легирования. Прочность их выше, но они хуже свариваются (некоторые совсем не свариваются) и часто имеют низкую коррозионную стойкость. Это сплавы алюминий-магний-кремний (авиали, отечественное обозначение АД), алюминий-медь (большинство относятся к дюралюминам, отечественное обозначение Д), алюминий-цинк (с добавками других элементов).

Авиали свариваются хорошо, однако с использованием присадочного материала; сваривать их сплавлением кромок не рекомендуется.

Дюралюмины относятся к несвариваемым сплавам. Единственный свариваемый алюминиево-медный сплав (сплав 1201) и его зарубежные аналоги.

Тройные сплавы алюминия с цинком и магнием свариваются хорошо только в том случае, если содержание этих легируемых элементов в сумме не превышает 7 - 7,5%. К свариваемым относится отечественный сплав 1915 и его зарубежные аналоги.

Применительно к литейным сплавам сварка применяется только в ремонтных целях, а также для исправления дефектов литья. Из всех литейных сплавов наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием (силумины). Практически все они свариваются хорошо.

13. Дефекты в сварном соединении

При дуговой сварке алюминиевых сплавов в среде инертных газов встречаются различные дефекты: газовая пористость (примерно 48%), оксидные пленки (примерно 32 %), вольфрамовые включения (примерно 12 %), трещины, несплавления и смещение кромок и др.

Кристаллизационные (горячие) трещины, окисные пленки, непровар, несплавление, обнаруженные в сварном соединении, подлежат обязательному устранению. Что касается пор, вольфрамовых включений, раковин и других дефектов, то они допускаются без исправления конструкции в определенном количестве и объеме. Суммарная длина дефектных участков, подлежащих подварке, не должна превышать 20 % длины шва (но не более 300 мм) для сварных соединений I категории и для II категории — 30 % (но не более 400 мм). Длина единичного дефектного участка не должна превышать 60 мм при расстоянии между ними не менее 100 мм (I категория) и 80 мм (II категория).

Сопротивляемость горячим трещинам

При сварке сплавов AlMg, AlCu, AlZn и AlSi установлена повышенная склонность к трещинообразованию на сплавах с максимальным эффективным интервалом кристаллизации. Металлургические способы уменьшения склонности к трещинам заключаются во введении в основной металл и сварочную проволоку отдельных химических элементов, которые, изменяя эффективный интервал кристаллизации и пластичность металла в твердотвердом состоянии, оказывают влияние не только на величину горячеломкости металла при сварке, но и позволяют за счет смещения неравновесного солидуса по отношению к равновесному перенести трещину из опасной зоны (зоны сплавления) в наплавленный металл.

Технологические мероприятия по уменьшению трещин в сварном соединении находятся во взаимосвязи с темпом деформации в температурном интервале хрупкости, а также с наличием концентратора напряжений.

Во избежание образования кристаллизационных трещин следует обратить внимание на жесткость стыкуемых деталей. При сварке деталей с резким перепадом толщины необходимо предусматривать со стороны точеных деталей (фланец, шпангоут и др.) полку, длина которой должна составлять $2S$ (S — толщина стыкуемых деталей в зоне сварки), но не менее 30 мм. Для уменьшения жесткости свариваемых деталей из тонколистового материала ($S < 2$ мм) — диаметр не менее 60 мм, при толщине до 6 мм — не менее 120 мм и т. д. Наблюдаются трещины при сварке в зоне термического влияния, если шероховатость поверхностей свариваемых элементов составляет $Rz > 40$ мкм.

В зависимости от толщины материала при сварке врезных фланцев на цилиндрических и сферических поверхностях устанавливается минимально допустимый диаметр. Так, для материалов толщиной до 2 мм — диаметр не менее 60 мм, при толщине до 6 мм — не менее 120 мм и т. д. Наблюдаются трещины при сварке в зоне термического влияния, если шероховатость поверхностей свариваемых элементов составляет $Rz > 40$ мкм.

При выполнении соединения в «отбортовку» на сплавах с $\sigma_{\text{в}} > 250$ МПа (AMg5, AMg6, D20 и др.) очень часто на практике в районегиба наблюдаются микронадрывы, которые являются очагом образования трещины при сварке. Следует избегать соединения «по кромке», так как в них возможно появление несплавления и трещин в корне шва из-за наличия оксидной пленки на поверхности металла. При изготовлении изделий со швами различной протяженности рекомендуется в первую очередь выполнять швы большой протяженности и швы максимального сечения, а затем короткие швы.

Оксидные пленки

Высокая химическая активность Al, Mg и их сплавом с кислородом приводит к образованию на поверхности металла оксидов (Al_2O_3 , MgO). Толщина пленки при комнатной температуре увеличивается во времени. Оксидные пленки относятся к группе плотных пленок (Al_2O_3 , $\gamma = 4,00$; MgO , $\gamma = 3,65$), которые предохраняют металл от дальнейшего окисления и взаимодействия его с окружающей средой. На поверхности двойных сплавов алюминия с элементами меди, марганца, кремния, железа, цинка образуется оксидная пленка, по структуре аналогичная пленке на чистом алюминии.

По данным исследованиям, при содержании в сплаве $\text{Mg} < 0,02 \%$ в оксидной пленке обнаруживается шпинель MgAl_2O_4 и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, при $0,01\text{—}0,1 \%$ Mg оксидная пленка состоит из MgAl_2O_4 и MgO . В оксидной пленке преобладает MgO при содержании магния в алюминиевых сплавах $> 1 \%$. Образованием рыхлой оксидной пленки MgO на поверхности магниевых и магниевых сплавов объясняется их повышенная склонность к образованию пористости при сварке. Введение малых добавок бериллия в сплавы системы Al—Mg снижает окисляемость в десятки раз.

Наличие на поверхности металла тугоплавкой пленки ($T_{\text{пл}}\text{Al}_2\text{O}_3 = 2050^\circ\text{C}$; $T_{\text{пл}}\text{MgO} = 2800^\circ\text{C}$) с высоким электросопротивлением оказывает отрицательное влияние на стабильность протекания процесса сварки. Оксидная пленка не плавится и не растворяется в жидком металле сварочной ванны. К этому следует добавить, что оксидная пленка активно адсорбирует влагу. При нагреве происходит диссоциация пара с выделением водорода — основного источника пор в сварных швах.

В связи с этим для обеспечения формирования наплавленного металла при сварке необходимо разрушить оксидную пленку. Это достигается за счет катодного распыления при горении сварочной дуги в среде аргона (переменный ток, постоянный ток на обратной полярности) или за счет высокой концентрации тепла при сварке в гелии на постоянном токе прямой полярности.

Газовая пористость

Многолетняя статистика брака сварных конструкций позволяет установить, что одним из основных дефектов (около 48 %) при сварке алюминиевых и магниевых сплавов является газовая пористость.

Исследования взаимодействия Al и Mg с различными газами показали, что наибольшую растворимость в них имеет водород. Так, анализ газов в Al при температуре 1200°C показал следующее соотношение: 78 % H, 12 % CO, 4 % CO_2 , 6 % N. В твердом алюминии водород практически нерастворим ($S_{\text{тв}}\text{H}_2 = 0,036 \text{ см}^3/100 \text{ г}$). Заметная растворимость наблюдается лишь с увеличением температуры до 660°C и выше ($S_{\text{ж}}\text{H}_2 = 0,69 \text{ см}^3/100 \text{ г}$) и находится в зависимости от времени выдержки и давления газа над расплавом. Значительно увеличивается растворимость водорода у магния в жидком и в твердом состояниях ($S_{\text{ж}}\text{H}_2 = 51 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ и $S_{\text{тв}}\text{H}_2 = 19 \text{ см}^3/100 \text{ г}$). Растворимость водорода в алюминии снижается при введении Cu, Si и Sn, тогда как присадка Mn, Ni, Mg, Fe, Cr, Zr, Th и Ti, наоборот, ее повышает.

Причиной образования пористости в сварных швах из алюминиевых и магниевых сплавов является водород. К основным источникам появления водорода при сварке в среде инертных газов следует отнести: влажность защитной инертной среды, загазованность основного и присадочного металла, а также присутствие влаги на поверхности свариваемого материала. При этом основной объем газа (около 60%) приходится на поверхность металла сварочной проволоки.

Основные направления в разработке средств повышения плотности сварного соединения предполагают:

а) Химическую, тепловую и механическую обработку поверхности (химическое травление, прогрев проволоки в аргоне, $T = 250—300^{\circ}\text{C}$, шабрение кромок $Rz < 40$ $\rho = 0,001$);

б) Соблюдение нормативной длительности хранения материала перед сваркой (основной металл после шабрения $\delta \leq 0,001$ $\rho = 0,001$);

в) Обеспечение культуры производства (влажность 75—85%, запыленность IV класс чистоты, температуры 18—20 $^{\circ}\text{C}$);

г) Уменьшение доли участия поверхности сварочной проволоки при формировании наплавленного металла (увеличение диаметра сварочной проволоки с 1,5 до 3 мм; освоение формы разделки кромок под сварку С1, С3 вместо С5 и С6, уменьшение числа проходов при выполнении сварочного соединения);

д) Эффективное воздействие на условие кристаллизации жидкого металла сварочной ванны (скорость всплывания газового пузырька должна превышать скорость кристаллизации, чему способствуют подогрев, погонная энергия дуги, дополнительные источники тепла: двухдуговая, трехфазная сварка и т. д.);

е) Механическое воздействие на жидкий металл сварочной ванны (обработка УЗК при сварке, магнитное перемешивание и др.).

Вольфрамовые включения

Сварку Al, Mg и их сплавов производят, как правило, неплавящимся (вольфрамовым) электродом в атмосфере инертного газа. Высокая температура плазмы электрической дуги, достигающая 6000—10 000 К, и высокая плотность тока (около 10⁴—10⁶ А/см²) создают значительные тепловые нагрузки на электрод, работающий в условиях дугового разряда. Снижение дефектности по вольфрамовым включениям в сварном соединении возможно путем повышения эрозионной стойкости вольфрама за счет введения оксидов (оксид лантана или оксид иттрия и др.). Стойкость к токовым нагрузкам вольфрама марки ВЧ меньше, чем у других марок (ВЛ, СВИ, ВИ). Более долговечен в эксплуатации за счет высокой эмиссионной способности вольфрам с оксидом лантана (ВЛ) или оксидом иттрия (ВИ-20, ВИ-30, СВИ-1). Этот вольфрам поддерживает более высокую устойчивость дугового разряда.

Оптимизации технологии сварки способствует уменьшению тепловой перегрузки электрода со стабильной защитой вольфрама от воздействия окружающей среды. Для уменьшения перегрева вольфрама регламентируется соблюдать продолжительность выполнения сварки. Следует избегать коротких замыканий электрода при сварке, обратив особое внимание на условия выполнения сварного соединения (труднодоступные места, сварка в пространственном положении и т. д.).

Наибольшая стойкость вольфрама при сварке на постоянном токе прямой полярности, меньшая — при переменном токе, минимальная — при постоянном токе обратной полярности. Оптимальный расход газа обеспечивает стабильный процесс горения дуги и хорошую защиту вольфрама от воздействия окружающего воздуха, а тем самым повышается стойкость вольфрама и уменьшается дефектность в сварных соединениях.

Особенности технологии сварки

Наибольшее распространение при изготовлении сварных конструкций из легких цветных сплавов получила аргонодуговая сварка (TIG).

Особенности сварки алюминиевых и магниевых сплавов определяют повышенные требования к ее технологии. Первостепенное значение приобретает культура производства. В сборочно-сварочных цехах не допускается выполнение работ, связанных с интенсивным образованием пыли и дыма (газовая резка, электродуговая сварка, зачистка абразивными кругами и т. п.). Сварка алюминиевых и магниевых сплавов производится в чистых помещениях, чистота которых достигается их отделкой, тщательной уборкой. Все подгоночные и сварочные работы выполняются в чистой специальной одежде и в сухих чистых хлопчатобумажных перчатках. Сварные изделия изготавливают в цехах с относительной влажностью воздуха не более 70%, в районах повышенной влажности не более 80 %. При этом цеховая температура поддерживается для холодного периода в пределах $+18\pm 2^{\circ}\text{C}$ и теплого $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Наиболее целесообразным, с точки зрения качества сварных швов, является химический способ обработки поверхности основного металла и проволоки. После химического травления допустимая продолжительность хранения заготовок перед механической зачисткой свариваемых поверхностей составляет не более 120 ч (I и II категории сварных соединений) и 200 ч для соединения III категории.

Детали, прошедшие механическую обработку (шабер, фреза, щетка и др.), поступают на сварку не позднее 3 ч (I категория), 5 ч (II категория) и не более 8 ч для сварных соединений III категории. Срок хранения проволоки после химического травления не более 8 ч. При хранении проволоки в герметичной упаковке (под вакуумом, в среде инертных газов), ее срок хранения возрастает до 72 ч.

При отработке технологического процесса сварки конкретного узла необходимо уделять внимание точности сборки заготовок под сварку и возможности применения сборочно-сварочной оснастки.

Механические свойства сварных соединений

Исходя из условий работоспособности, надежности в процессе эксплуатации сварной конструкции разработчик изделия определяет категорию ответственности сварного соединения: I — особо ответственная, II — ответственная и III — неответственная.

При оценке степени ответственности сварного элемента следует принимать во внимание, что в конструкциях со сварными соединениями в наплавленном металле швов могут возникать напряжения двух родов — рабочие и связующие. В связи с этим, к I и II категории сварных соединений следует относить сварные соединения, в которых действуют рабочие напряжения, III категория сварных соединений распространяется на сварные соединения со связующими напряжениями.

Временное сопротивление стыкового сварного соединения с усилением зависит от способа сварки, толщины свариваемого материала и определяется коэффициентом разупрочнения сваркой основного металла.

Наряду с оценкой горячеломкости при сварке для общей оценки свариваемости необходимо располагать данными по работоспособности сварных соединений по отношению к основным металлам при статическом растяжении, повторно статическом и усталостном нагружении.

Одним из мероприятий по обеспечению равнопрочности (при сохранении пластических характеристик) сварного соединения при сварке сплавов в нагартованном или термически обработанном состоянии является утолщение кромок в зоне сварки, полученное механическим способом обработки или химическим фрезерованием. Что касается толщины зоны утолщения кромок стыкуемых деталей, то она определяется расчетным путем, исходя из условий равнопрочности сварного соединения с основным металлом. Одним из основных рычагов повышения механических свойств сварных соединений является проковка, прокатка роликами сварного соединения в холодном или теплом состоянии. Вышеуказанные технологические операции подлежат всесторонне проверке с целью определения их влияния на пластичность и коррозионную стойкость сварных соединений.

При сварке сплавов термически упрочняемых возможно поднять прочность сварного соединения до уровня основного металла последующей (после сварки) термообработкой сварного узла (закалка + искусственное старение). При сварке термически упрочняемых сплавов искусственное старение сварных соединений повышает предел выносливости на 15—20 МПа. Для защиты от коррозии рекомендуются анодно-оксидные, химические и лакокрасочные покрытия.

13. Дефекты сварных швов и причины их возникновения

Отсутствие дефектов соединений при сварке металлов плавлением - единственная гарантия надежности сварных соединений. Дефекты сварных швов уменьшают прочность и эксплуатационную надежность сварных соединений и могут привести к разрушению всей конструкции.

Причинами возникновения дефектов сварных швов являются нарушения технологического процесса при подготовке, сборке, сварке, термообработке соединяемых узлов, а также небрежностью и низкой квалификацией сварщика.

Классификация дефектов приведена в межгосударственном стандарте ГОСТ 30242-97 «Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначения и определения».

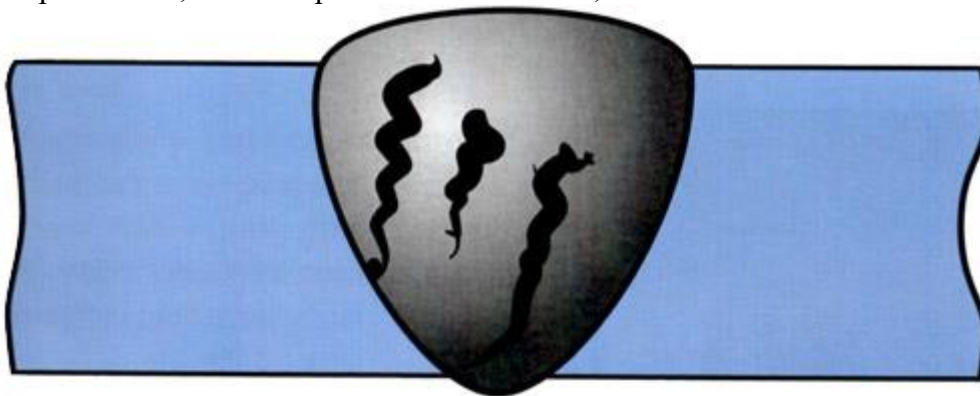
Дефекты сварных соединений подразделяются на шесть групп:

1. трещины;
2. полости, поры, свищи, усадочные раковины, кратеры;
3. твердые включения;
4. несплавления и непровары;
5. нарушения формы шва (подрезы, усадочные канавки, превышения выпуклости, превышения проплава, наплавы, смещения, натеки, прожоги);
6. прочие дефекты.

Классификация дефектов сварных швов

Трещины

Трещиной называется несплошность, вызванная местным разрывом шва или околошовной зоны, которая может возникнуть в результате охлаждения или действия нагрузок. Трещины могут быть продольные, поперечные, радиальные. Они могут быть расположены в металле сварного шва, в зоне термического влияния, в основном металле.



Трещины

- резкое охлаждение конструкции;
- высокое напряжение в жестко закрепленных конструкциях;
- повышенное содержание серы или фосфора.

Причинами

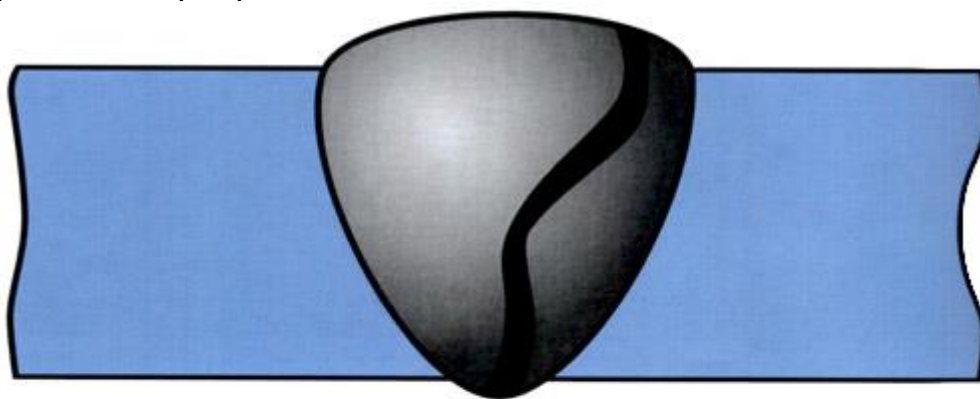
образования трещин являются большие напряжения, возникающие в сварных соединениях при сварке. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате слишком быстрого охлаждения. Часто трещины образуются в сварных соединениях жестко закрепленных конструкций.

По времени образования трещины подразделяют на горячие и холодные.

Также на образование трещин влияет повышенное содержание серы и фосфора. Сера увеличивает склонность металла шва к образованию горячих трещин, а фосфор — холодных. Горячие трещины появляются в то время, когда металл сварного шва находится в состоянии между температурами его плавления и затвердевания. Они могут быть в двух направлениях — вдоль и поперек сварного шва. Горячие трещины обычно являются результатом использования неправильного присадочного материала (алюминиевые и хромоникелевые сплавы) и его химического состава (например, высокое содержание в составе углерода, кремния, никеля и др.) Горячие трещины могут появиться в результате неправильной заварки кратера, в результате резкого прекращения сварки. Холодные трещины возникают после того, как сварочный шов полностью остывает и затвердевает. Эти дефекты появляются тогда, когда сварочный шов не выдерживает действующих на него нагрузок и разрушается.

Полости

Газовая полость — это полость произвольной формы, не имеющая углов, образованная газами, задержанными в расплавленном металле. К продолговатым полостям относятся несплошности, вытянутые вдоль оси сварного шва. К полостям также относятся усадочные раковины и кратеры.



Свищи

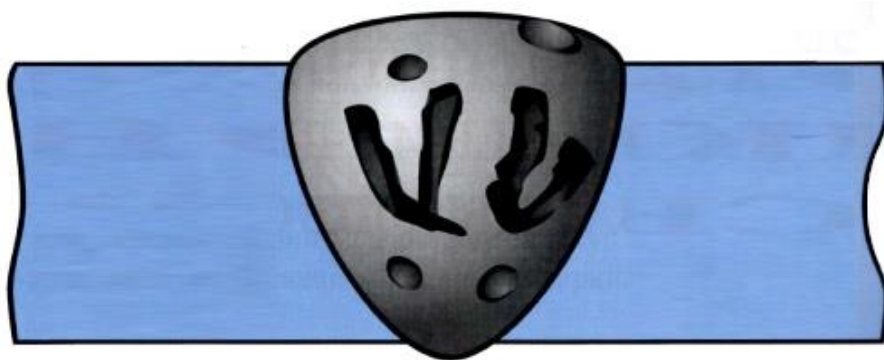
- низкая пластичность металла шва;
- образование закалочных структур;
- напряжение от неравномерного нагрева.

Усадочная раковина — это полость, которая образуется вследствие усадки при затвердевании.

Порой (газовой порой) называется газовая полость обычно сферической формы. Поры могут различаться по размеру и, как правило, распределяются в случайном порядке по сварочному шву. Они могут находиться как внутри шва, так и на его поверхности.

Свищи — продолговатые трубчатые полости, вызванные выделением газа.

Причинами образования газовых полостей служит наличие в зоне сварки масла, краски, окалины, ржавчины и всяких другие загрязнений. Причиной может быть и использование сырых и непросушенных электродов. Это же и относится и к сырым флюсам и к примесям в защитных газах. Излишне большая скорость сварки, недостаточный или чрезмерный поток защитного газа нарушает газовую защиту сварочной ванны, что тоже приводит к появлению пор.

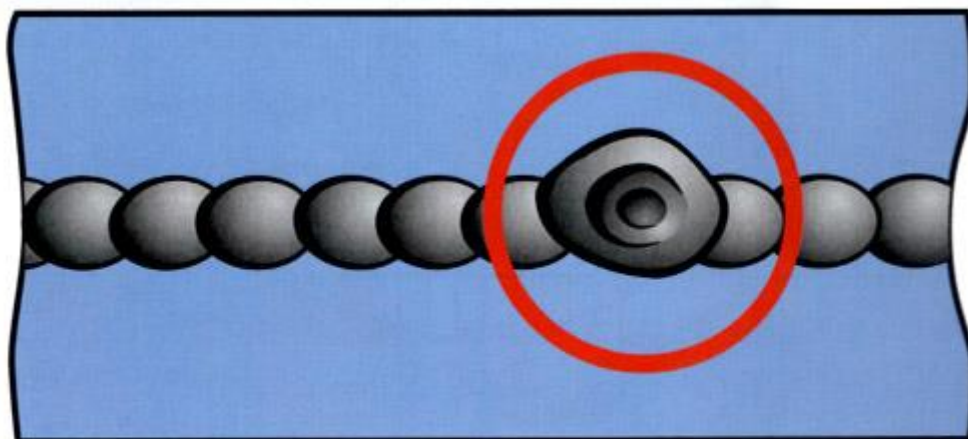


Поры

- быстрое охлаждение шва;
- загрязнение кромок маслом, ржавчиной и т. п.;
- непросушенные электроды; высокая скорость сварки.

Поры появляются и при неверном выборе сварочной проволоки, особенно в том случае, если сварка осуществляется в углекислом газе, при наличии сквозняков, при неисправностях оборудования.

Кратером называется незаваренная усадочная раковина в конце валика сварного шва. Выглядит он в виде воронки в середине сварочного шва при его окончании. Причиной появления служит резкий обрыв дуги. Место кратера должно быть обязательно заварено.



Кратеры

- обрыв дуги;
- неправильное выполнение конечного участка шва.

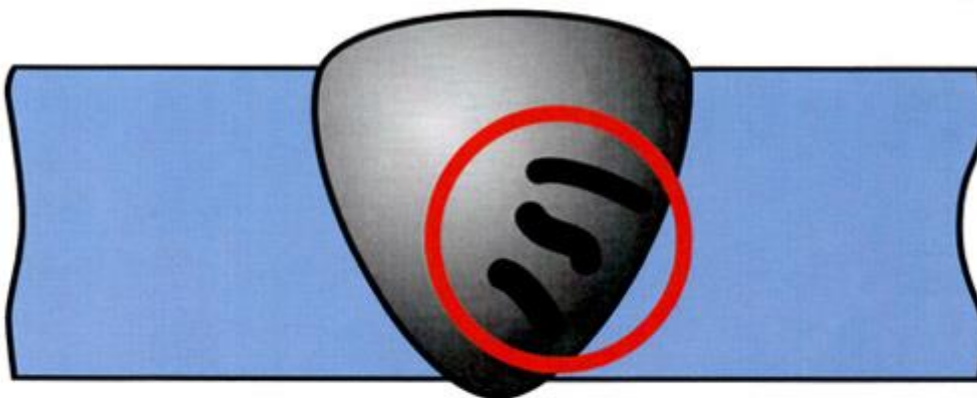
Современное сварочное оборудование имеет специальные программы для заварки кратера. Оно позволяет проводить окончание сварки на пониженных токах, в результате чего кратер заваривается. При автоматической сварке шов обычно заканчивают на выводной планке, где и появляется кратер.

Твердые включения.

Твердые включения – это твердые инородные вещества металлического или неметаллического происхождения, оставшиеся в металле сварного шва.

Виды твердых неметаллических включений: шлаковые включения, флюсовые включения, оксидные включения. Формы включений могут быть самые разные. Обычно такие

включения располагаются на границе единения основного металла с наплавленным.



Включения шлака

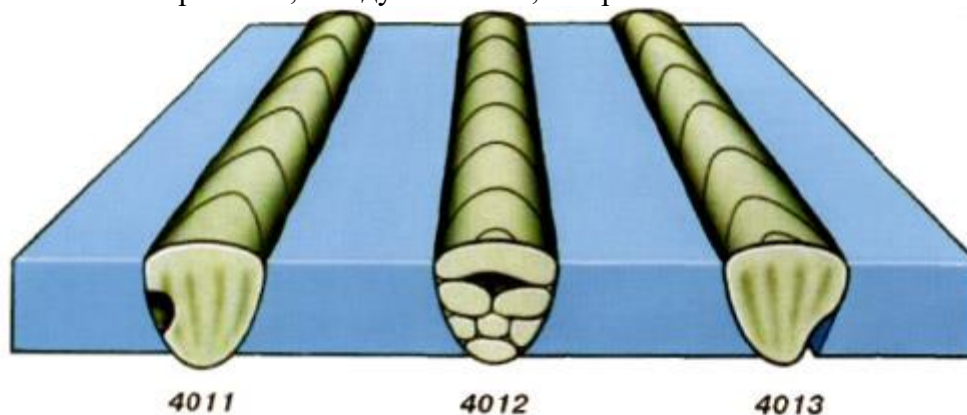
- грязь на кромках;
- малый сварочный ток;
- большая скорость сварки.

Причины возникновения твердых включений — грязь на кромках, малый сварочный ток и высокая скорость сварки, осыпание обмазки электродов, не удаление шлака с предыдущего слоя при многослойной сварке.

Металлические включения-частицы инородного металла, попавшие в металл сварного шва.

Несплавления и непровары.

Несплавлением называется отсутствие соединения между металлом шва и основным металлом либо между отдельными валиками сварного шва. Несплавления могут быть на боковой поверхности, между валиками, в корне шва.



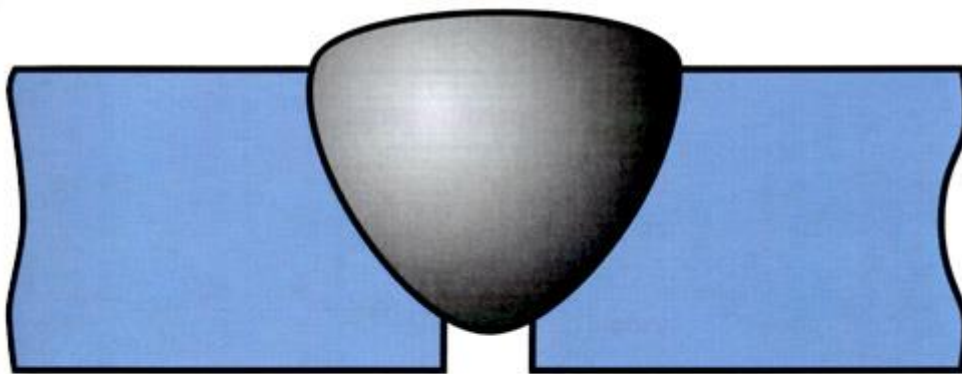
Несплавления

- плохая зачистка кромок;
- большая длина дуги;
- недостаточный сварочный ток;
- большая скорость сварки.

Причины образования несплавлений — плохая зачистка свариваемых кромок, грязь, большая длина дуги, недостаточная сила тока, большая скорость сварки.

Непровар или неполный провар — это несплавление основного металла на участке или по всей длине шва, появляющееся из-за неспособности расплавленного металла проникнуть в корень соединения (заполнить зазор между деталями).

Возникновение этого дефекта кроется в малом угле скоса свариваемых кромок и небольшом зазоре между ними.



Непровар

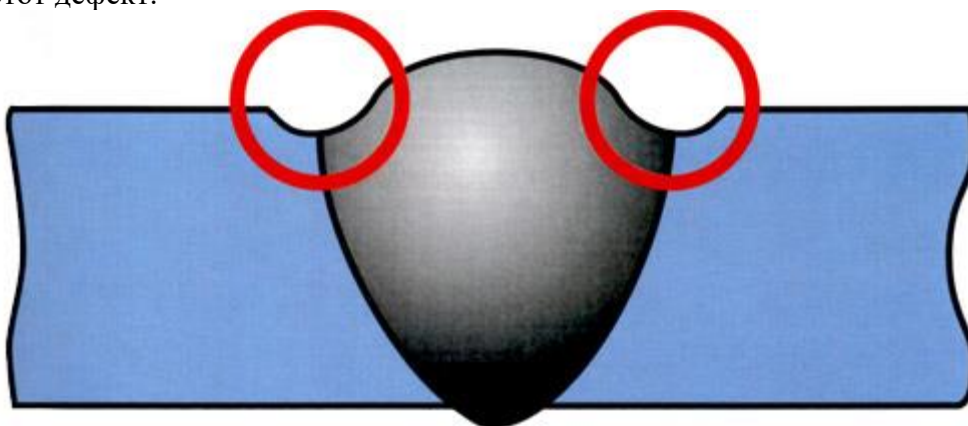
- малый угол скоса вертикальных кромок;
- малый зазор между ними;
- загрязнение кромок;
- недостаточный сварочный ток;
- завышенная скорость сварки.

Загрязнение кромок тоже может быть причиной непроваров. При самом процессе сварки непровар может образоваться из-за недостаточного сварочного тока, завышенной скорости сварки, неточного направления электродной проволоки. Обычно место образования непровара — корень шва.

Нарушение формы шва

Нарушение формы сварного шва — это отклонение формы наружных поверхностей шва или геометрии соединения от установленного значения. К нарушениям формы шва относятся: подрезы, наплавы, прожоги, незаваренные кратеры.

Подрезы — это продольные углубления на наружной поверхности валика шва по краям сварочного шва. Этот вид дефекта обычно вызван неправильно подобранной скоростью сварки и напряжением на дуге. При слишком высокой скорости сварки и повышенном напряжении, сварной шов образуется «горбатым». Из-за быстрого затвердевания сварочной ванны, в этом случае также образуются подрезы. Уменьшение скорости сварки устраняет этот дефект.



Подрезы

- большой сварочный ток;
- длинная дуга;
- при сварке угловых швов — смещение электрода в сторону вертикальной стенки.

На подрезы влияет также длина сварочной дуги. При слишком длинной сварочной дуге ширина шва увеличивается, тем самым увеличивая количество расплавленного основного металла. Так как при увеличении длины дуги тепловложение остается прежним, его не хватает на весь сварочный шов, кромки быстро остывают, образуя подрезы. Уменьшение длины дуги не только избавляет от подрезов, но и увеличивает проплавление.

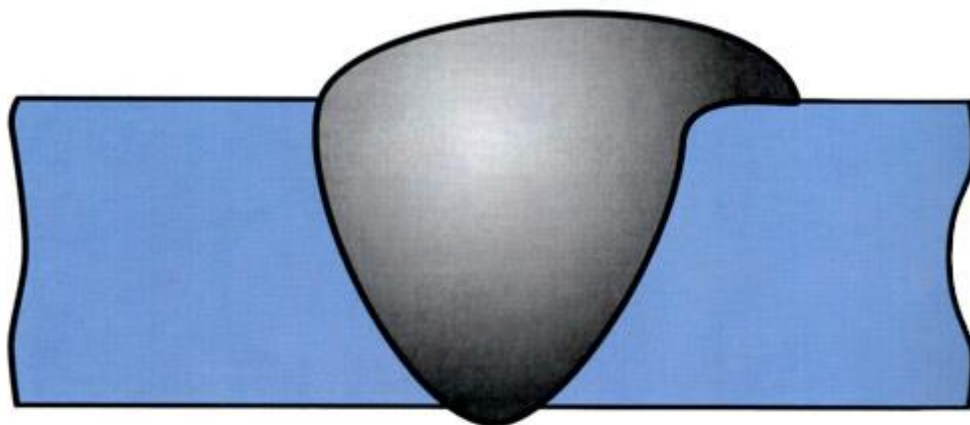
При сварке угловых швов подрезы часто возникают из-за того, что сварочная дуга направлена больше на вертикальную поверхность. Расплавленный металл стекает на нижнюю кромку и его не хватает для заполнения канавки.

Превышение проплава – избыток наплавленного металла на обратной стороне стыкового сварного шва.

Вогнутость корня шва – неглубокая канавка со стороны корня шва, возникшая из-за усадки.

Линейное смещение — смещение между свариваемыми элементами при их параллельном расположении на разном уровне. При расположении кромок элементов под углом – смещение называется угловым. Чрезмерной асимметрией углового шва называется значительное превышение размеров одного катета над другим.

Наплав (наплыв) – это избыток наплавленного металла шва, натекий на поверхность основного металла. При наплаве сплавления металлов не образуется. Наплав представляет собой затекание жидкого металла непосредственно из сварочной ванны на кромки холодного основного металла.



Наплыв

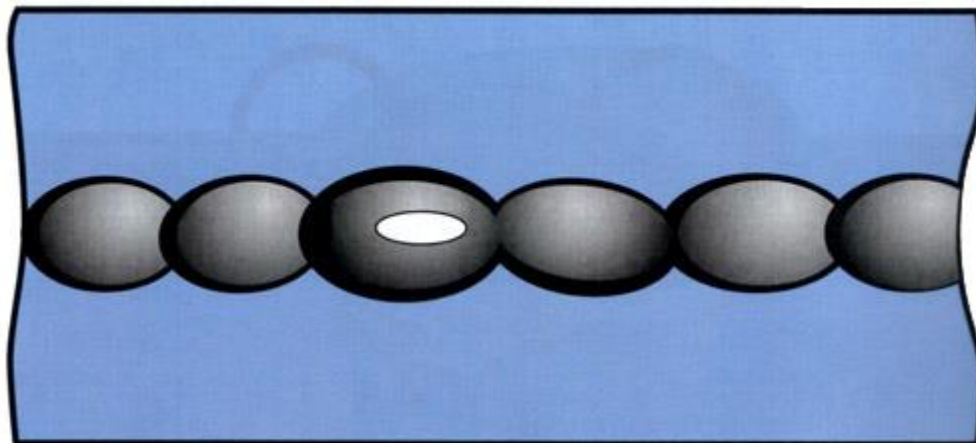
- большой сварочный ток;
- неправильный наклон электрода;
- излишне длинная дуга.

Обычно причиной этого дефекта является неправильно подобранные режимы сварки (большой сварочный ток, неправильный наклон электрода, большая длина дуги, неправильные манипуляции электродом) и окалина на свариваемой поверхности. Подбор правильного режима (соответствие сварочного тока со скоростью подачи присадочного материала, повышение напряжения на дуге) и предварительная очистка кромок устраняют появления наплавов.

Натек – это металл шва, не имеющий сплавления с соединяемой поверхностью и образовавшийся в результате перераспределения наплавленного металла шва под действием силы тяжести. Натеки часто возникают при сварке угловых швов или стыковых швов в горизонтальном положении. При выполнении таких швов при смещении электрода возникает сильный разогрев вертикальной стенки, металл там плавится раньше и стекает на горизонтальную полку, образуя натеки.

Прожег — вытекание металла сварочной ванны, приводящее к образованию в шве сквозного отверстия. В основном причинами прожога являются большой ток, малая скорость сварки или большой зазор между кромками сварного соединения. Наиболее часто

прожоги образуются при выполнении первого прохода многослойного шва и при сварке тонкого металла.



Прожог

- большой ток при малой скорости сварки;
- большой зазор между кромками;
- под свариваемый шов плохо поджата флюсовая подушка или медная подкладка (на трубопроводах не применяется).

Если под свариваемый шов плохо поджата флюсовая подушка или медная подкладка — тоже может возникнуть прожог или протёк. Понижение сварочного тока, увеличение скорости сварки и соответствующая подготовка геометрии кромок позволяют устранить прожоги.

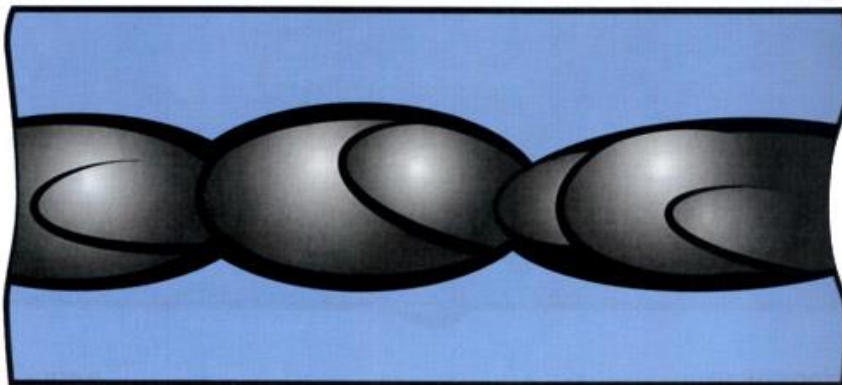
Прочие дефекты.

К прочим дефектам относятся: случайная дуга, брызги металла, вольфрамовые брызги, поверхностные задиры, утонение металла и другие дефекты.

Случайная дуга – повреждение основного металла, возникшее в результате случайного горения дуги (короткое замыкание электрода на основной металл).

Брызги металла — дефекты в виде затвердевших капель на поверхности сварного шва или основного металла, образовавшихся во время сварки. Причинами возникновения этого дефекта являются: завышенный сварочный ток, некачественное покрытие электрода, отсутствие защитных покрытий, обеспечивающих легкое удаление брызг после сварки.

Поверхностные задиры – повреждения поверхности из-за удаления временно приваренного приспособления.



Неравномерная форма шва или грубая чешуйчатость

- неустойчивый режим сварки;
- неточное направление электрода.

Неравномерная ширина шва, неровная поверхность - несоответствие геометрических размеров шва, требуемым. Появляется дефект по причине неустойчивого режима сварки, неточного направления электрода. Если это автоматизированная сварка, то причины заключаются в колебании напряжения в сети, проскальзывание проволоки в подающих роликах, протекание жидкого металла в зазоры, неправильный угол наклона электрода и т. д.

Все дефекты сварного шва подлежат обязательному устранению!

При удалении дефектных мест целесообразно соблюдать определенные условия:

- длина удаляемого участка должна быть равна длине дефектного места плюс 10-20 мм с каждой стороны
- ширина разделки выборки должна быть такой, чтобы ширина шва после заварки не превышала его двойной ширины до заварки
- форма и размеры подготовленных под заварку выборок должны обеспечивать возможность надежного провара в любом месте
- поверхность каждой выборки должна иметь плавные очертания без резких выступов, острых углублений и заусенцев
- при заварке дефектного участка должно быть обеспечено перекрытие прилегающих участков основного металла
- после заварки участок необходимо зачистить до полного удаления раковин и рыхлости в кратере, выполнить на нем плавные переходы к основному металлу.

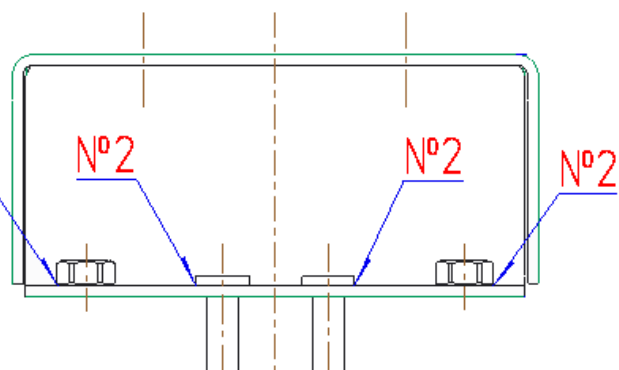
Дефекты, выходящие на поверхность сварного соединения, выявляются при внешнем осмотре, который является обязательным для всех сварных конструкций. Для выявления дефектов внутри сварных швов обычно используют радиографический и ультразвуковой контроль.

14. Рекомендации к оформлению КД

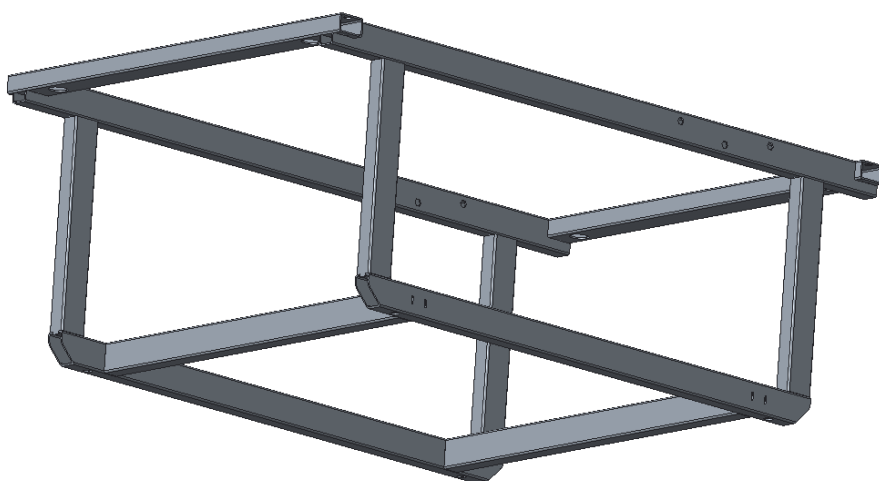
1. Сварка гаек, шпилек – в двух трех точках

ГОСТ 14771-76-T1-3

по 2 точкам
4 №2

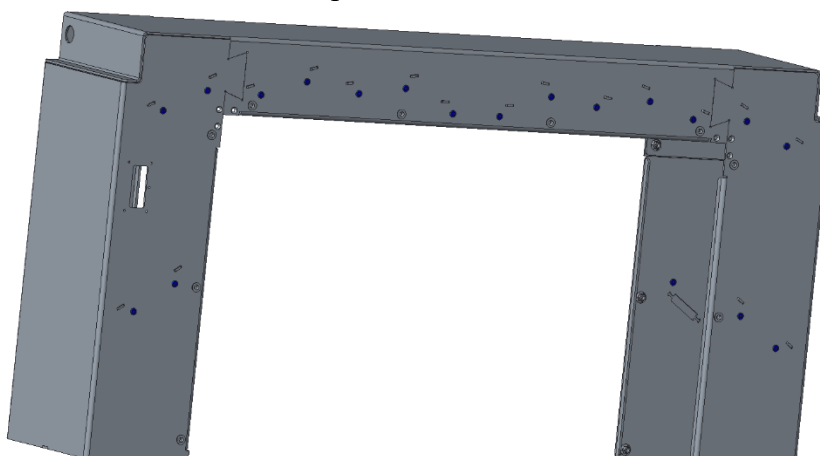


2. Рамы выполнять со стыковкой шип-паз



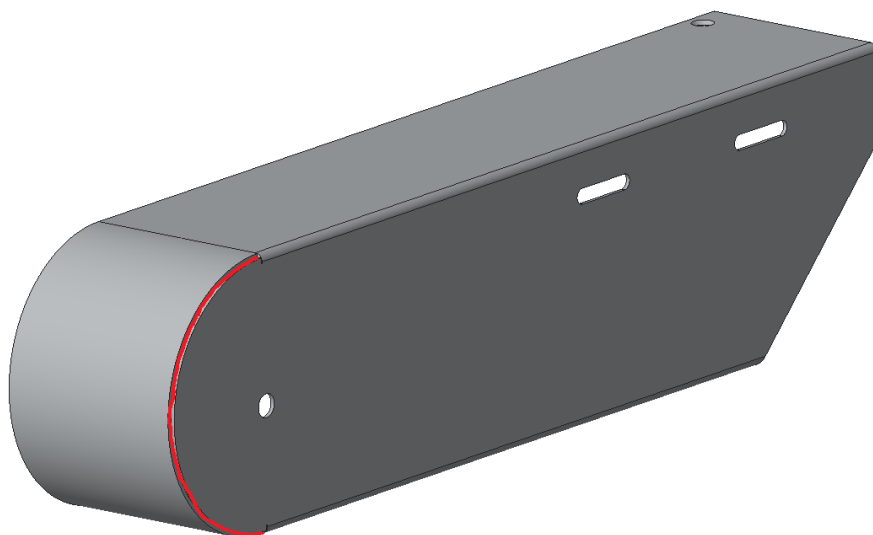
(пример. АДН121.01.00.000)

3. Шип-паз – листовый материал



(пример. АДН121.04.01.000)

4. Деталь кожух конвейера

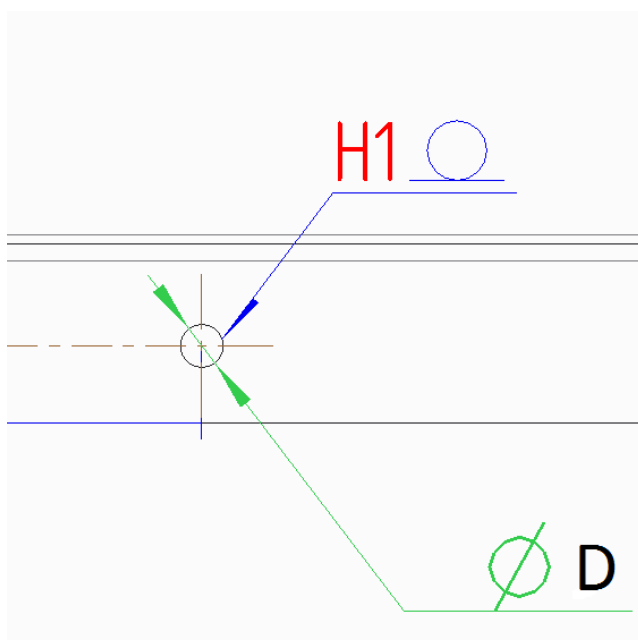


что бы получить поверхность радиусной формы необходимо применить сварной шов – У4 (табл. 33 ГОСТ 14771-76)

5. Соединения сварные точечные (ГОСТ 14776-79)

На нашем предприятии принято система подготовки поверхностей под электрозаклепку:

S1мм =Φ6мм; S1,5мм=Φ6,5 мм; S2 мм=Φ7мм; S2,5мм=Φ7,5мм; S3=Φ8мм.



15. Требования к КД

Точность сварных конструкций:

ГОСТ 30021-93 – низкоуглеродистая и низколегированная сталь (Точность СК: _
ГОСТ30021-93).

СТБ ИСО 13920-2005 – алюминиевые сплавы.

Сварные швы по контуру прилегания деталей кроме мест, обозначенных особо (требуется уточнение).

Уточнение (приблизительно в такой форме) к сварке:

- Катет шва по наименьшей толщине свариваемых деталей.
- Выполнить сварку по контуру прилегания деталей.
- Выполнить сварку сплошным швом по контуру прилегания деталей, кроме обозначенных особо (см. Вид Е/Разрез Г-Г).
- Сварные швы длиной более 50мм варить 10/50.
- Швы более 150мм варить 12/70.
- Швы более 300мм варить 15/100.
- Швы более 500мм варить 18/120.
- Швы более 800 мм варить 20/150.
- Детали поз.8,9,12... варить швом 10Z50.
- Детали поз.1,2,3... варить сплошным швом.
- Детали поз. 4,5,6 варить по контуру точками в 4-х местах.
- Детали поз.7,8,9 варить снаружи / изнутри (см.Вид А).
- Детали поз. 8 и 12 варить неплавящимся электродом.
- Допускаются наплывы от сварки на внутренней поверхности поз.7.
- На указанных поверхностях сварные швы не выполнять.
- В труднодоступных местах допускается сварку не выполнять.

Уточнение (приблизительно в такой форме) к слесарной операции:

На указанных поверхностях сварные швы обработать заподлицо (см. разрез Б-Б).

- На указанных поверхностях наплывы сварных швов не допускаются (см. Вид В).
- Наплывы сварных швов обработать заподлицо с плоскостью деталей поз. 1,2,3.
- Калибровать отверстия от сварочных брызг, наплывов.
- Все сварные швы обработать с плавным переходом.
- В труднодоступных местах сварные швы допускается не зачищать.
- Допускаются утяжины. Наплывы сварных швов не допускаются.

Сварные швы по ГОСТ 14771-76.

Наплывы и неровности сварных швов на наружных поверхностях обработать с плавным переходом к основному металлу, шероховатость не ниже 12,5.

Гайки поз. __ перед приваркой сориентировать технологическими винтами по отв. в детали поз. __.

ВАЖНО – ПРЕРЫВИСТЫЙ ШОВ

Длина прерывистого шва - все зависит от толщины свариваемых деталей и ее применяемости (несущих характеристик), чем больше толщина, тем дольше металл должен прогреться и соответственно произойти сплавление основного металла и металла шва. Также необходимо понимать, что при выполнении нахлесточного соединения прогрев кромки металла произойдет быстрее, чем при сварке той же толщины металла при выполнении таврового соединения.

Минимальные длины прерывистых швов для толщин от 1,5 до 10 мм должны быть следующими:

для толщины 1,5-2 мм – шов 7-10 мм,

для толщины 3-5 мм – шов 10-12 мм,

для толщины 5-8 мм – шов 12-15 мм,

для толщины 8-10 мм – шов 15-18 мм.

Шип-паз.

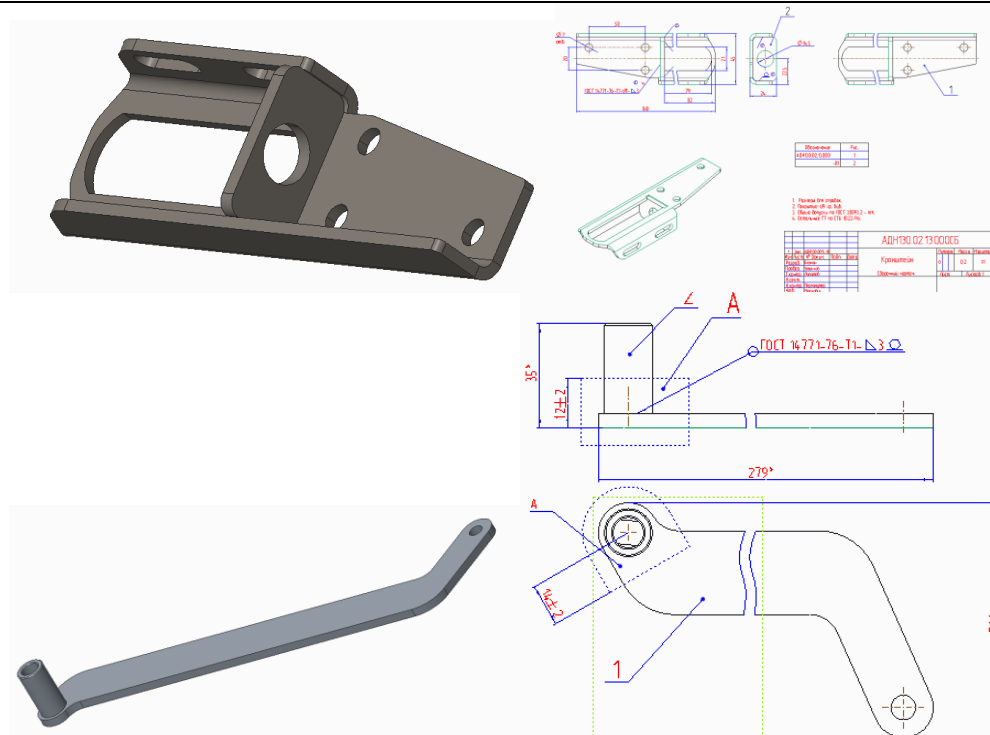
Выполнять шип-паза, таким образом, чтобы шип был на **0,5мм** меньше (ниже) плоскости соединяемой детали, это необходимо для того, чтобы в процессе зачистки - не произошло вскрытие сварного шва.

16. Примечание к ТП

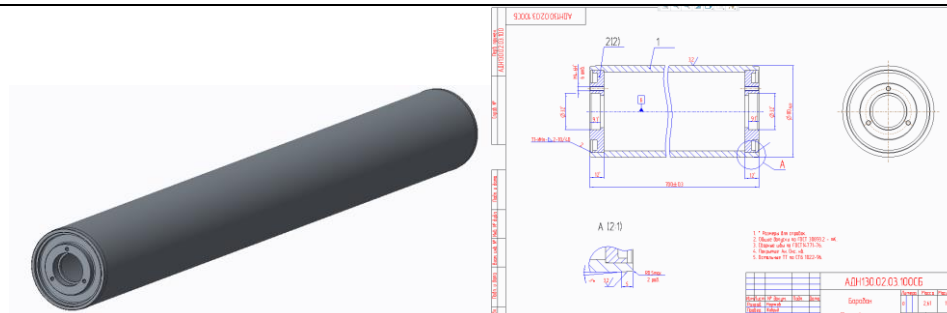
Иногда у нас встречается сварка черного металла с нержавейкой – тогда надо указать следующий переход: «Варить согласно ТТП АДН02290.00001 Сварка углеродистых и низколегированных сталей и ТИ АДН25290.00001. ВНИМАНИЕ!!! для сварки использовать сварочную проволоку марки ESAB 309 L ф0.8мм (AISI и Сталь 08 или др.)»

17. Классы свариваемых деталей

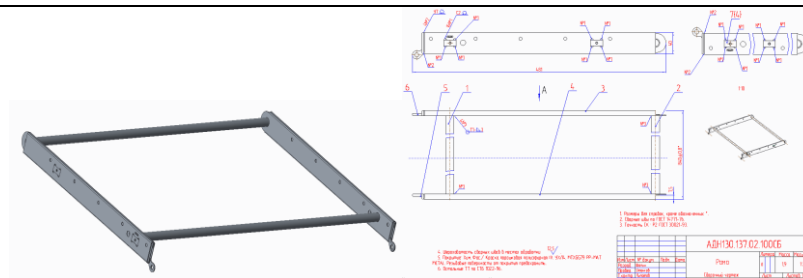
1 класс:



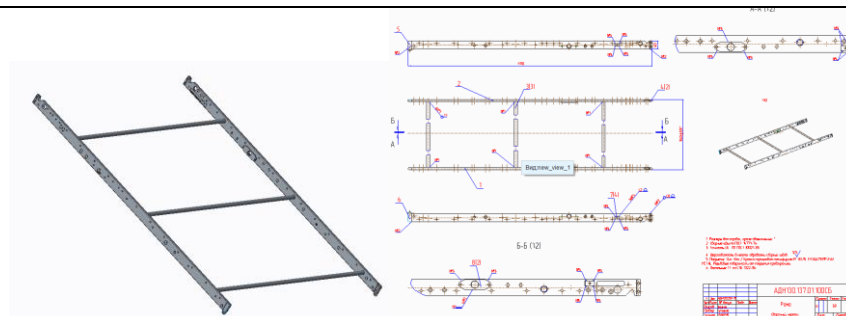
2 класс:



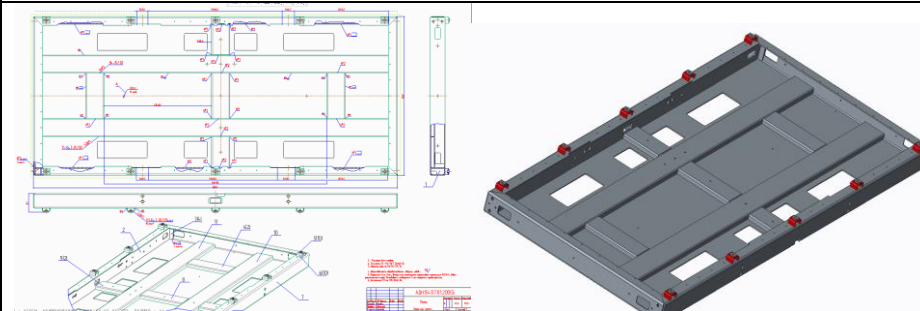
3 класс:



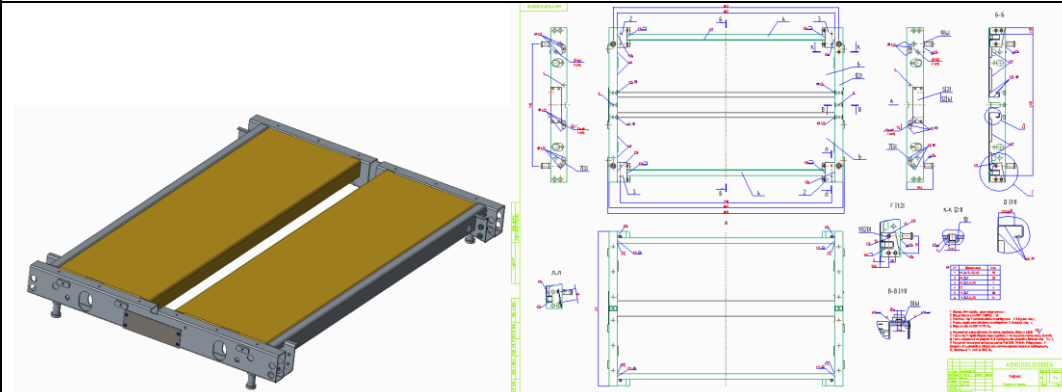
4 класс:



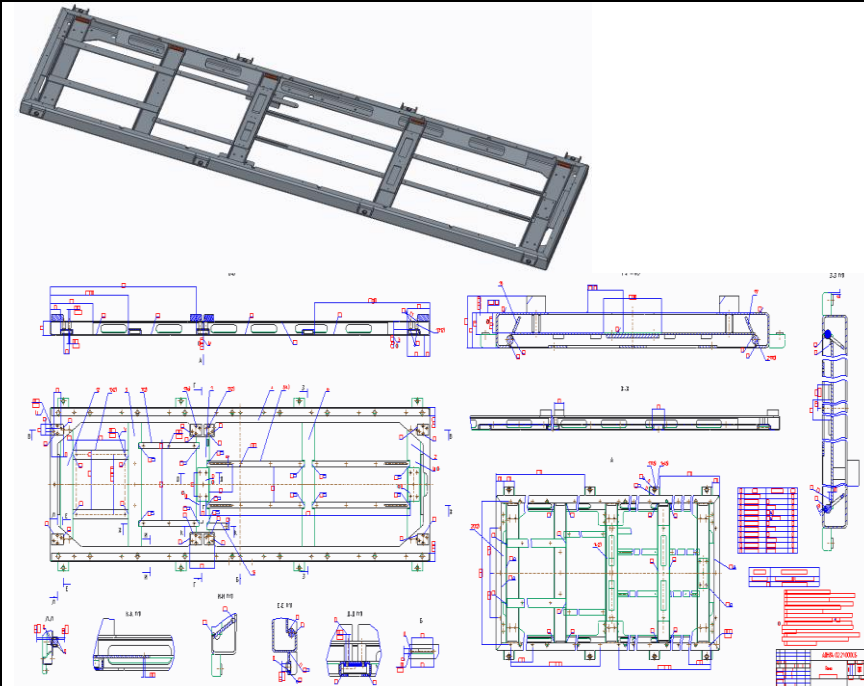
5 класс:



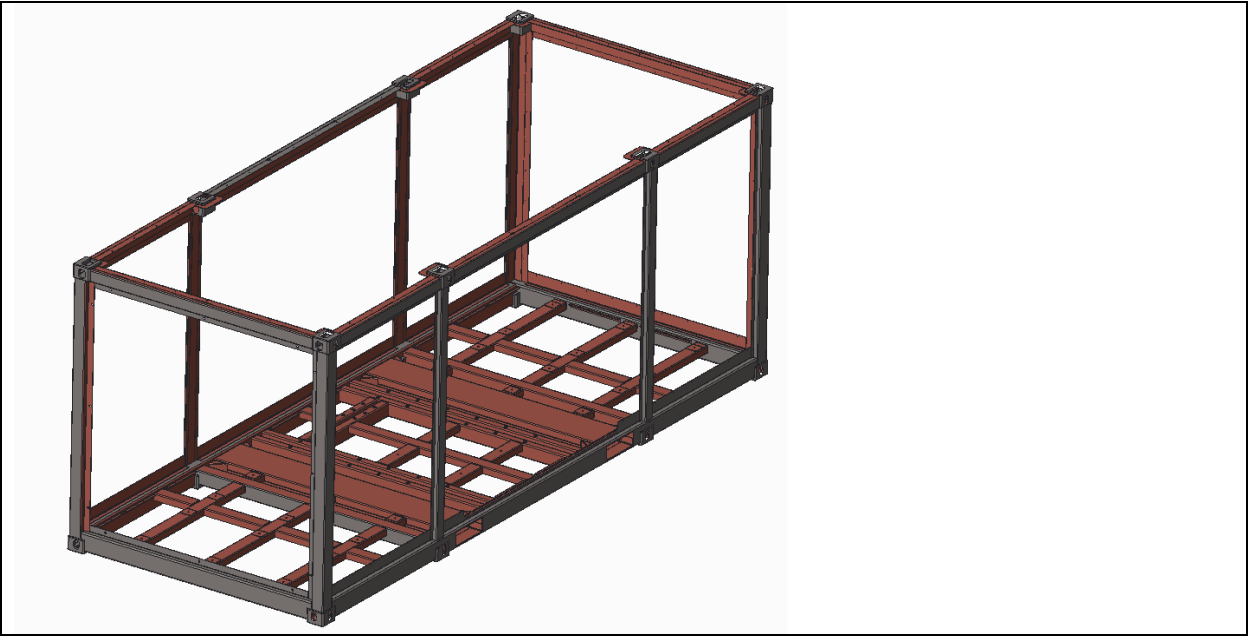
6 класс:



7 класс:



8 класс:



18. Оборудование.

Оборудование конденсаторной сварки

1. Аппарат конденсаторной сварки SW 2500 (ЦМех/РМЦ)



Диаметр метизов - М3-М8

2. Аппарат конденсаторной сварки TSW-2900 (ЦМех/РМЦ)



Диаметр метизов – М2,5-М10

3. AURORA SHOOT M10 (УМс)



Диаметр метизов - М3-М8.

Оборудование контактной точечной сварки

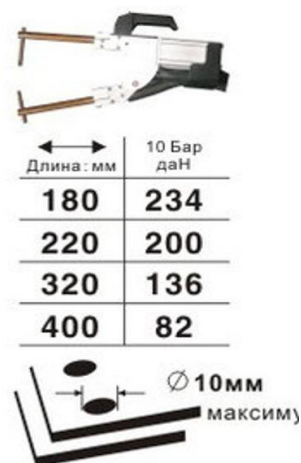
Машина контактной точечной сварки МТР-16073-500
(ЦМех/РМЦ)

Диапазон толщин свариваемых деталей, мм:	
листовая сталь (оптимальные режимы сварки):	0,2 – 2
листовая сталь (мягкий, многоимпульсный режимы):	до 4
проволока, арматура (оптимальные режимы сварки):	2 - 8
проволока, арматура (мягкий, многоимпульсный режимы):	до 12
алюминий и его сплавы:	0,2 – 1,2



Оборудование точечной контактной и угольной сварки

Сварочный аппарат Solary X9



Аппарат способен сваривать стальные листы толщиной 1,2 мм с одной стороны. Зажим для двусторонней точечной сварки может производить точечную сварку листов толщиной 3,0+3,0 мм или 2,0+2,0+2,0 мм с одной стороны.

Оборудование ручной аргоно дуговой сварки штучным вольфрамовым электродом с присадкой или без (TIG) и ручной дуговой сварки штучным электродом (MMA)
Сварочный полуавтомат Tig 2200i AC/DC (ЦМех/ПМЦ)

Сварочный процесс	Качественная ручная аргоно дуговая сварка штучным вольфрамовым электродом с присадкой или без (TIG)
	Ручная дуговая сварка штучным электродом (MMA)
Свариваемые материалы	Алюминий и сплавы алюминия, Медь, Латунь Легированные, нелегированные стали



Сварочный полуавтомат LORCH T 220 AC/DC (УМс)

Сварочный процесс	Качественная ручная аргоно дуговая сварка штучным вольфрамовым электродом с присадкой или без (TIG)
	Ручная дуговая сварка штучным электродом (MMA)
Свариваемые материалы	Алюминий и сплавы алюминия, Медь, Латунь Легированные, нелегированные стали



Оборудование полуавтоматической сварки сварочной проволокой в среде защитного газа (MIG-MAG)

Сварочный полуавтомат Caddy Mig C200i (ЦМех/ПМЦ)



Сварочный процесс: Полуавтоматическая сварка сварочной проволокой в среде защитного газа (MIG-MAG); Полуавтоматическая GMA пайка твердым припоем.

Свариваемые материалы:

углеродистая сталь
углеродистая сталь оцинкованная/алюминат
нержавеющая сталь
алюминий и сплавы алюминия.

Сварочный полуавтомат Quasar 400 MSE (ЦМех/РМЦ)



Сварочный процесс: полуавтоматическая сварка сварочной проволокой в среде защитного газа (MIG-MAG); полуавтоматическая GMA пайка твердым припоем; ручная дуговая сварка штучным электродом (ММА).

Свариваемые материалы:

углеродистая сталь
углеродистая сталь оцинкованная/алюминат Нержавеющая сталь
никель и никелевые сплавы
алюминий и сплавы алюминия
медь и медные сплавы
магний и магниевые сплавы
чугун

Сварочный полуавтомат Lorch P4500 (УМс)



Сварочный процесс: полуавтоматическая сварка сварочной проволокой в среде защитного газа (MIG-MAG); полуавтоматическая GMA пайка твердым припоем; ручная дуговая сварка штучным электродом (ММА).

Свариваемые материалы:

углеродистая сталь
углеродистая сталь оцинкованная/алюминат Нержавеющая сталь
никель и никелевые сплавы
алюминий и сплавы алюминия
медь и медные сплавы
магний и магниевые сплавы
чугун