

## Памятка

Уважаемые студенты, вам необходимо прочитать данную практическую выполнить все задания и ответить на контрольные вопросы после практической письменно в рабочей тетради. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателя, (с 17.01.2023 по 20.01.2023). В дальнейшем по окончании семестра принести для проверки.

С уважением **Андрощук Ольга Владимировна**, если какие вопросы по заданию, обращаться по номеру тел. +380721273299 или по электронной почте e-mail: [Olga8122@yandex.ru](mailto:Olga8122@yandex.ru)

### Практическая работа №10

**Тема: Автоматизация сварки давлением**

**Цель:** Научиться управлять автоматизацией дуговой сварки электрозаклепками

**Задание:**

1. изучить основы технологии электрической контактной точечной сварки листового металла
2. изучить оборудование электрической точечной сварки
3. освоить метод расчета и выбора параметров режима сварки
4. получить навыки выполнения сварочного нахлестового соединения
5. определить оптимальный режим электрической контактной точечной сварки

#### ***Оборудование.***

Машины для контактной сварки бывают стационарными, передвижными и подвесными (сварочные клещи). По роду тока в сварочном контуре могут быть машины переменного или постоянного тока от импульса тока, выпрямленного в первичной цепи сварочного трансформатора или от разряда конденсатора. По способу сварки различают машины для точечной, рельефной, шовной и стыковой сварки.

Любая машина для контактной сварки состоит из электрической и механической частей, пневмо- или гидросистемы и системы водяного охлаждения (см. рисунок 1).

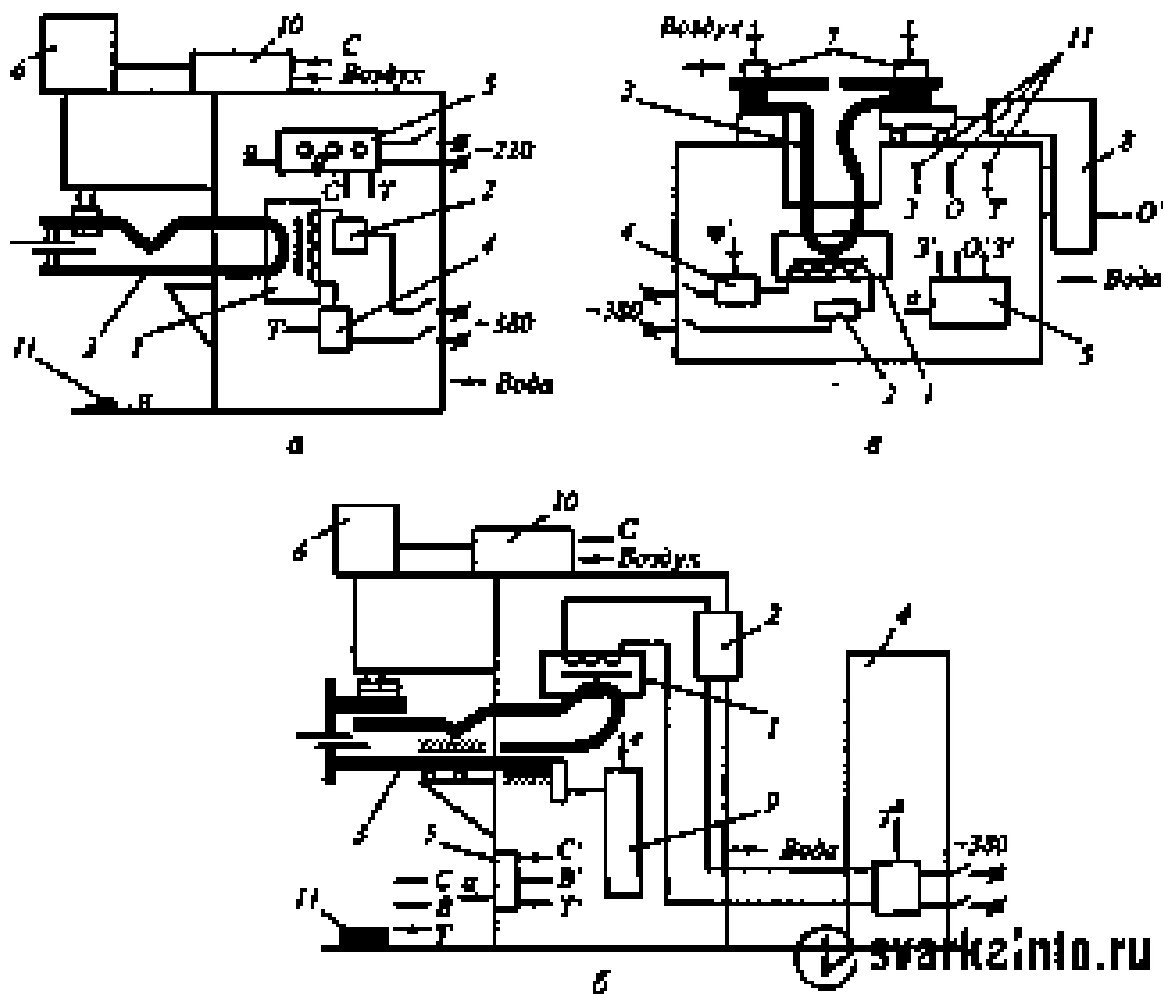


Рисунок. 1. Типовые схемы машин для контактной точечной (а), шовной (б) и стыковой (в) сварки: 1 - трансформатор; 2 - переключатель ступеней; 3 - вторичный сварочный контур; 4 - прерыватель первичной цепи; 5 - регулятор; 6 - привод сжатия; 7- привод зажатия деталей; 8 - привод осадки деталей; 9 - привод вращения роликов; 10- аппаратура подготовки; 11 - орган включения

*Электрическая часть* включает в себя силовой сварочный трансформатор 1 с переключателем ступеней 2 его первичной обмотки, с помощью которого регулируют вторичное напряжение, вторичный сварочный контур 3 для подвода сварочного тока к деталям, прерыватель 4 первичной цепи сварочного трансформатора 1 и регулятор 5 цикла сварки, обеспечивающий заданную последовательность операций цикла и регулировку параметров режима сварки.

*Механическая часть* состоит из привода сжатия 6 точечных и шовных машин, привода 7 зажатия деталей и привода 8 осадки деталей стыковых машин. Шовные машины снабжены приводом 9 вращения роликов.

*Пневмогидравлическая система* состоит из аппаратуры 10 подготовки (фильтры, лубрикаторы, которые смазывают движущиеся части), регулирования (редукторы, манометры, дросселирующие клапаны) и подвода воздуха к приводу 6 (электропневматические клапаны, запорные вентили, краны, штуцера).

*Система водяного охлаждения включает в себя* штуцера разводящей и приемной гребенок, охлаждаемые водой полости в трансформаторе 1 и вторичном контуре 3, разводящие шланги, запорные вентили и гидравлические реле, отключающие машину, если вода отсутствует или ее мало.

Все машины снабжены органом включения 11. У точечных и шовных машин это ножная педаль с контактами, у стыковых - это комплект кнопок. С органов управления поступают команды на сжатие "С" электродов или зажатие "З" деталей, на включение "Т" и отключение "О" сварочного тока, на вращение "В" роликов, на включение "а" регулятора цикла сварки. Эти команды обрабатываются соответствующими блоками машины, обеспечивая выполнение операций цикла сварки.

Кроме универсальных применяются специальные машины, приспособленные для сварки конкретных конструкций и типов размеров изделий. Примером могут служить машины для контактной точечной сварки кузовов автомобилей, встроенные в автоматические линии, машины для стыковой сварки оплавлением продольных швов труб в прокатном производстве.

Электроды в контактной сварке служат для замыкания вторичного контура через свариваемые детали. Кроме этого при шовной сварке электроды-ролики перемещают свариваемые детали и удерживают их в процессе нагрева и осадки.

Важнейшая характеристика электродов - стойкость, способность сохранять исходную форму, размеры и свойства при нагреве рабочей поверхности до температуры 600 0С и ударных усилиях сжатия до 5 кг/мм<sup>2</sup>. Электроды для точечной сварки - это быстроизнашивающийся сменный инструмент сварочной машины. Для изготовления электродов используют медь и жаропрочные медные сплавы - бронзы. Это может быть хромоциркониевая бронза БрХЦрА; кадмиевая БрКд1; хромистая БрХ; бронза, легированная никелем, титаном и бериллием БрНТБ или кремний-никелевая бронза БрКН-1-4. Последние две бронзы обладают повышенной износостойкостью, из них можно изготавливать электроды-губки стыковых машин. Материалы для электродов должны обладать также высокой электро- и теплопроводностью, чтобы их нагрев в процессе сварки был меньше.

Температура разупрочнения бронз не превышает 0,5 их температуры плавления, а рабочая поверхность электрода нагревается до 0,6 Тпл. При таких условиях электродные бронзы относительно быстро разупрочняются. Повысить износостойкость электродов можно, используя технологические факторы. Сварку алюминиевых и магниевых сплавов лучше производить на конденсаторных машинах, а не на машинах переменного тока. Вместо механической зачистки нужна химическая очистка поверхности, травление и пассивация. Расстояние 1 от рабочей поверхности до дна охлаждающего канала (смотреть рисунок. 2) не должно превышать 10...12 мм, увеличение его до 15 мм повышает износ электрода в 2 раза. При сварке черных металлов стойкость электродов можно повысить в 3...4 раза только за счет

сферической заточки электрода и снижения темпа сварки до 40...60 точек в минуту.

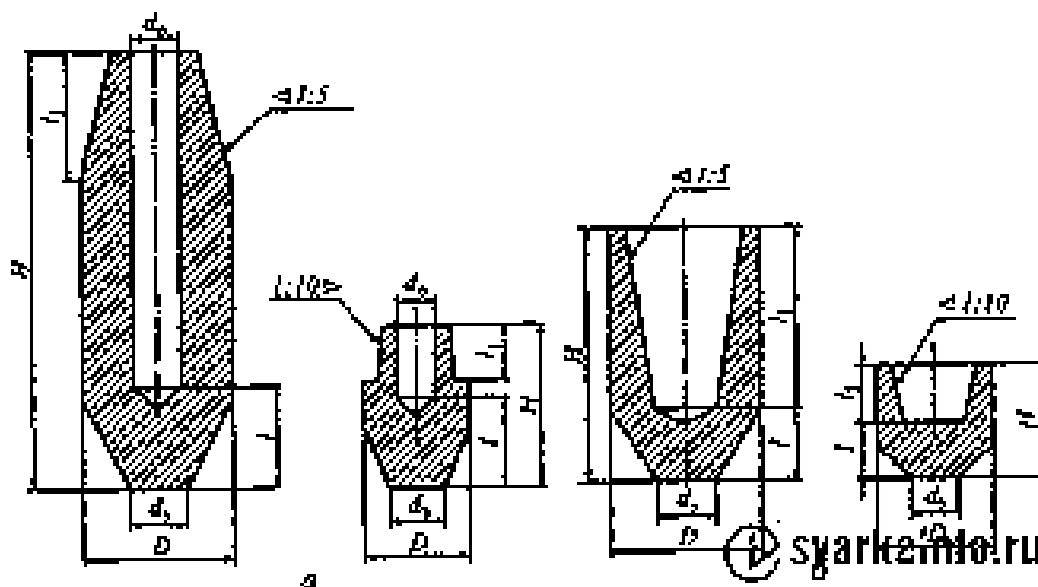


Рисунок 2 – Схемы электродов для точечной сварки: а - с наружным посадочным конусом; б - колпачковых

Электрод должен иметь минимальную массу, удобно и надежно устанавливаться на сварочной машине. Диаметр  $D$  должен обеспечивать устойчивость электрода против изгиба при сжатии его усилием сварки, а также возможность захвата инструментом для снятия. Внутренний диаметр должен обеспечивать ввод трубки с охлаждающей водой и выход воды, обычно  $d_0 = 8\text{мм}$ . Длина конусной части для крепления электрода в свече машины  $l_1 \leq 1,2 D$ . Угол конусности 1:10 при  $D < 25\text{мм}$  и 1:5 при  $D > 32\text{мм}$ . Диаметр рабочей части электрода выбирают в зависимости от толщины кромок свариваемых деталей  $d_3 = 3S$ . Стойкость электродов с наружным посадочным конусом (рис. 2, а) обычно не превышает 20 000 сварок. Стойкость колпачковых электродов (см рисунок 2, б) с внутренним посадочным конусом достигает 100 000 сварок вследствие лучших условий охлаждения. Для сварки деталей сложной конфигурации в труднодоступных местах применяют фигурные электроды.

Электроды для рельефной сварки конструктивно приближаются к форме изделия. В простейшем случае это плиты с плоской рабочей поверхностью.

Электроды-ролики шовных машин имеют форму дисков. Ширина рабочей поверхности ролика  $B$  и его толщина  $H$  зависят от толщины  $S$  свариваемой детали.

Токоведущие губки стыковых машин по форме и размерам должны соответствовать поперечному сечению свариваемых деталей. Длину губок выбирают такой, чтобы обеспечить соосность деталей и предотвратить их проскальзывание при осадке. При сварке стержней она составляет 3...4 их диаметра, а при сварке полос - не менее 10 толщин полосы.

При подготовке поверхностей к контактной сварке должны выполняться три основных требования: в контактах электрод-деталь должно быть обеспечено как можно меньшее электрическое сопротивление  $K_{э-д} \rightarrow \min$ ), в контакте деталь-деталь сопротивление должно быть одинаковым по всей площади контакта. Сопрягаемые поверхности деталей должны быть ровными, плоскости их стыка при сварке должны совпадать.

Выбор конкретного способа подготовки поверхностей определяется материалом деталей, исходным состоянием их поверхностей, характером производства. Для штучного и мелкосерийного производства необходимо предусмотреть операции правки, рихтовки, обезжиривания, травления или зачистки, механической обработки. В условиях крупносерийного и массового производства, где обеспечивается высокое качество исходных материалов в заготовительном и штамп прессовом производствах, подготовку поверхностей перед сваркой можно не делать. Исключения составляют детали из алюминиевых сплавов, требующих обработки поверхности не ранее чем за 10ч до сварки.

Критерием качества подготовки поверхности является величина контактных сопротивлений  $R_{э-д}$  и  $R_{д-д}$ . Для их измерения детали зажимают между электродами сварочной машины, но сварочный ток не включают. Сопротивление измеряют микроомметром при помощи щупов. Для сталей сопротивление более 200 мкОм свидетельствует о плохом качестве поверхности. Высокое  $R_{э-д}$  приводит к перегреву электродов и подплавлению поверхности деталей, вследствие чего происходит наружный и внутренний выплеск металла и образуется чрезмерная вмятина под электродами.

Основные параметры режима всех способов контактной сварки - это сила сварочного тока, длительность его импульса и усилие сжатия деталей. Теплота в свариваемом металле выделяется при прохождении через него импульса тока  $I_{св}$  длительностью  $t$  в соответствии с законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I_{св}^2 R_{св} t,$$

где за  $R_{св}$  принимают сопротивление столбика металла между электродами. При расчете сварочного тока, времени импульса, сварочного трансформатора  $R_{св}$  - исходный параметр, так как его легко рассчитать, зная материал детали, ее толщину и требуемую температуру сварки. При этом сопротивлениями в контактах между деталями и между электродами и деталями пренебрегают.

Согласно закону Джоуля-Ленца увеличение  $R_{св}$  должно увеличивать количество выделяющейся теплоты. Но по закону Ома

$$I_{св} = U_2 / Z,$$

где  $U_2$  - напряжение на вторичном контуре сварочной машины, а  $Z$  - полное сопротивление вторичного контура, в которое входит  $R_{св}$ . Поэтому при увеличении  $R_{св}$  уменьшится  $I_{св}$ , а он входит в закон Джоуля-Ленца в квадрате. Следовательно, увеличение  $R_{св}$  не всегда увеличивает количество выделяющейся при сварке теплоты, многое зависит от соотношения  $R_{св}$  и полного сопротивления вторичного контура сварочной машины. Отсюда

следуют несколько практических выводов. С ростом общего сопротивления вторичного контура от 50 до 500 мкОм тепловыделение в зоне сварки уменьшается по мере падения  $R_{св}$  примерно в 10 раз. Недостаток тепла компенсируется увеличением мощности ( $U_2$ ) или времени сварки. Сварка на контактных машинах с малым сопротивлением вторичного контура (~ 50 мкОм) сопровождается интенсивным ростом нагрева по мере падения  $R_{св}$  в процессе увеличения сварного ядра. При достижении равенства  $R_{св} = Z$  нагрев достигает максимума, а затем, по мере еще большего снижения  $R_{св}$  (по достижении требуемого размера ядра), уменьшается. Таким образом, сварка на контактных машинах с малым сопротивлением вторичного контура (а их большинство) сопровождается нестационарным нагревом и нестабильным качеством соединений. Уменьшить этот недостаток можно надежным сжатием зачищенных деталей, обеспечивающим поддержание  $R_{св}$  на минимальном уровне, либо поддерживая высокий уровень  $R_{св}$  за счет слабого сжатия деталей и разделения импульса сварочного тока на несколько коротких импульсов. Последнее еще и экономит энергию и обеспечивает прецизионное соединение с остаточной деформацией 2...5 %.

При сварке на машинах с большим сопротивлением вторичного контура (> 500 мкОм) снижение  $R_{св}$  в процессе сварки практически не влияет на выделение теплоты, нагрев остается стационарным, что характерно для сварки на подвесных машинах с длинным кабелем во вторичном контуре. Сваренные на них соединения обладают более стабильным качеством.

Качество сварных соединений, выполненных контактной сваркой, определяется подготовкой поверхностей к сварке, а также правильным выбором параметров режима и их стабильностью. Основным показателем качества точечной и шовной сварки - это размеры ядра сварной точки. Для всех материалов диаметр ядра должен быть равен трем толщинам  $S$  более тонкого свариваемого листа. Допускается разброс значений глубины проплавления в пределах 20...80 %  $S$ . За меньшим из этих пределов следует непровар, за большим - выплеск. Глубина вмятины от электрода не должна превышать 0,2  $S$ . Размер нахлестки в точечных и шовных соединениях должен выбираться в пределах 2,5...5,0 диаметров ядра.

Основные дефекты сварных соединений при точечной и шовной сварке - это непровар, заниженный размер литого ядра, трещины, рыхлоты и усадочные раковины в литом ядре и выплеск, который может быть наружным, из-под контакта электрод - деталь, и внутренним, из-под контакта между деталями. Причины этих дефектов - недостаточный или избыточный нагрев зоны сварки из-за плохой подготовки поверхностей и плохой сборки деталей или из-за неправильно выбранных параметров режима сварки.

При стыковой сварке по тем же причинам могут возникать непровары. Перегрев зоны сварки может вызвать структурные изменения (укрупнение зерна) и обезуглероживание сталей. Это ухудшает механические свойства соединений.

Контролируют качество контактной сварки чаще всего внешним осмотром, а также любыми методами неразрушающего контроля. Сложность

контроля состоит в том, что этими методами непровар не выявляется, так как поверхности деталей плотно прижаты друг к другу, в их контакте образуется "склейка", проникающие излучения, магнитное поле и ультразвук не отражаются и не ослабляются. Наиболее оперативный метод контроля - разрушение контрольных образцов в тисках молотком и зубилом. Если непровара нет, разрушение происходит по целому металлу одной из деталей, можно измерить диаметр литого ядра при точечной и шовной сварке.

Таблица №1 – Результаты исследования

Номер режима сварки	Марка свариваемого материала	Толщина образца мм	Режимы сварки					Разрушающее усилие $P_p$ кгс	Место разрушения
			$I_{св}$	$t_{св}$	$d_{эл}$	$P_{св}$	$U_{св}$		
	Ст. 3								
1	Ст.3								
2	Ст.3								
3	Ст.3								
4	Ст.3								
5	Ст.3								
	X18H10T								
1	X18H10T								
2	X18H10T								
3	X18H10T								
4	X18H10T								
5	X18H10T								

**С.В.Т** - Сварная точка. **З.Т.В**- Зона термовлияния.

**Выводы:**

1. При исследовании влияния величины сварочного тока на усилие, разрушающее сварное соединение, полученное контактной электрической точечной сваркой пластин из углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества Ст.3 толщиной  $1+1$ мм с нахлестом 10мм при постоянных величинах  $t_{св} = 0,8$  с,  $U_{св} = 1\div 3$ В,  $P_{св} = 260$ кгс,  $d_{эл} = 6$ мм установлено, что при изменении величины сварочного тока с 6 кА до 8кА усилие разрушения сварного соединения изменяется с 0,65кН до 1,80кН; место разрушения сварная точка (С.В.Т.) и зона температурного влияния (З.Т.В.).

2. При исследовании влияния изменения величины времени сварки на усилие разрушающее сварное соединение, полученное контактной электрической точечной сваркой, пластин из углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества Ст.3 толщиной 1+1мм с нахлестом 10мм установлено, что при изменении времени действия тока с 0,8сек до 1,2сек и постоянных величинах  $d_{эл} = 6 \text{ мм}$ ,  $P_{св} = 260 \text{ кгс}$ ,  $U_{св} = 1 \div 3 \text{ В}$ ,  $I_{св} = 6 \text{ кА}$  усилие разрушения сварного соединения увеличивается с 0,65кН при  $t_{св} = 0,8 \text{ с}$  до 3,20кН при  $t_{св} = 1,2 \text{ сек}$ ; место разрушения сварная точка (С.В.Т. при  $I_{св} = 6 \text{ кА}$  и  $t_{св} = 0,8 \text{ сек}$  и зона температурного влияния (З.Т.В.) при  $I_{св} = 6 \text{ кА}$  и  $t_{св} = 1,2 \text{ сек}$ .

3. При исследовании влияния величины сварочного тока на усилие, разрушающее сварное соединение, полученное контактной электрической точечной сваркой пластин из высоколегированной стали марки 12Х18Н10Т толщиной 1+1 мм с нахлестом 10мм при постоянных величинах  $t_{св} = 0,8 \text{ сек}$ ,  $U_{св} = 1 \div 3 \text{ В}$ ,  $P_{св} = 26 \text{ кгс}$ ,  $d_{эл} = 6 \text{ мм}$  установлено, что при изменении величины сварочного тока с 6кА до 8кА усилие разрушения сварного соединения изменяется с 2,45кН до 4,20кН; место разрушения сварная точка (С.В.Т.) и зона температурного влияния (З.Т.В.).

4. При исследовании влияния изменения величины времени сварки на усилие разрушающее сварное соединение, полученное контактной электрической точечной сваркой, пластин из высоколегированной стали марки 12Х18Н10Т толщиной 1+1мм с нахлестом 10мм установлено, что при изменении времени действия тока с 0,8сек до 1,2сек и постоянных величинах  $d_{эл} = 6 \text{ мм}$ ,  $P_{св} = 260 \text{ кгс}$ ,  $U_{св} = 1 \div 3 \text{ В}$ ,  $I_{св} = 6 \text{ кА}$  усилие разрушения сварного соединения увеличивается с 2,45 кН при  $t_{св} = 0,8 \text{ сек}$  до 3,00кН при  $t_{св} = 1,2 \text{ сек}$ ; место разрушения сварная точка (С.В.Т.) в обоих случаях.

5. При исследовании влияния рода материала на разрушающие усилия сварного соединения полученного электрической контактной точечной сваркой пластин из углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества Ст.3 и пластин из высоколегированной стали марки 12Х18Н10Т толщиной 1+1мм с нахлестом 10мм при постоянном диаметре электрода 6мм величине сварочного тока 6кА времени сварки 0,8сек, усилия сжатия 260кгс установлено, что при применении высоколегированной стали усилие, разрушающее сварное соединение – 3,00кН, а углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества Ст.3 усилие, разрушающее сварное соединение – 0,65кН. Отсюда следует, что при сваривании металлов методом электрической точечной сварки, предпочтительнее использовать высоколегированные стали 12Х18Н10Т с особыми физическими и химическими свойствами.