

# **Контактная точечная сварка. Сущность. Основные данные**

Учебное пособие

**Евгений Кочунов**

**Контактная точечная  
сварка. Сущность. Основные  
данные. Учебное пособие**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=70304986](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=70304986)  
ISBN 9785006222953*

**Аннотация**

Самые необходимые материалы по теме «Контактная точечная сварка». Составлен и издан как раздаточный ежедневный материал слушателям курсов и студентам технических ссузов.

# Содержание

$W = C \cdot U^2 / 2$	24
Конец ознакомительного фрагмента.	28

# **Контактная точечная сварка. Сущность. Основные данные Учебное пособие**

*Составитель* Евгений Кочунов

ISBN 978-5-0062-2295-3

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

## **Контактная точечная сварка**

Точечная сварка является разновидностью контактной сварки. При этом способе, нагрев металла до температуры его плавления осуществляется теплом, которое образуется при прохождении большого электрического тока от одной детали к другой через место их контакта.

Контактная сварка известна со второй половины прошлого века. В 1856 г. известный английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин) впервые предложил и применил стыковую сварку. В 1877 г. Э. Томсон (США) запатентовал стыковую сварку сопротивлением. Несколько позже, в 1888 г., русский изобретатель Н. Н. Бенардос запатентовал точечную и шовную сварку (по некоторым источникам – в том же 1877 г.). Стыковая сварка оплавлением была разработана

в 1903 г. Широкое использование контактной сварки в нашей стране началось в 30-х годах XX в. после создания индустриальной базы.

Контактная сварка используется преимущественно в промышленном массовом или серийном производстве однотипных изделий. Область применения контактной сварки чрезвычайно широка – от крупногабаритных строительных конструкций, космических аппаратов до миниатюрных полупроводниковых устройств и пленочных микросхем.

Контактной сваркой можно успешно соединять практически все известные конструкционные материалы – низкоуглеродистые и легированные стали, жаропрочные и коррозионно-стойкие сплавы, сплавы на основе алюминия, магния и титана и др.

Точечная сварка – наиболее распространенный способ, на долю которого приходится около 70% всех соединений, выполняемых контактной сваркой. Этот способ сварки широко используют в автомобиле- и вагоностроении, авиастроении, строительстве, радиоэлектронике и т. д. Например, в конструкциях современных авиалайнеров насчитывается несколько миллионов сварных точек, автомобилей – до 5000—7000, пассажирских железнодорожных вагонов – порядка 30000 точек. Диапазон свариваемых толщин – от нескольких микрометров до 30 мм.

Стыковая сварка, преимущественно сварка оплавлением, составляет более 10% от общего объема применения контактной сварки.

Стыковую сварку сопротивлением применяют в основном при соединении проволоки, стержней и труб из углеродистой и легированной стали относительно малых компактных сечений. В связи с тем, что не всегда удается обеспечить соединение высокого качества, этот способ используют ограниченно.

Более широкое применение нашла стыковая сварка оплавлением, ее успешно используют при соединении трубопроводов, железнодорожных рельсов (бесстыковые пути) в стационарных и полевых условиях, длинномерных заготовок из различных конструкционных сталей и сплавов, цветных металлов и др.

Стыковая сварка применяется при производстве режущего инструмента. Например, рабочая (режущая) часть, выполненная из инструментальных сталей и сплавов, сваривается с хвостовой (крепежной) частью из углеродистых качественных сталей, что удешевляет инструмент и улучшает его эксплуатационные характеристики.

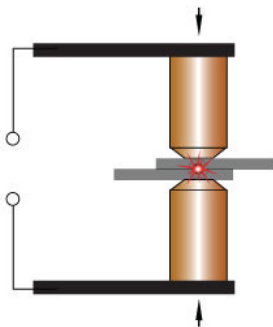
Шовная сварка по объему применения занимает третье место среди контактных способов (около 10%) и используется при изготовлении различных емкостей, корпусов изделий, в том числе герметичных, например топливных баков автомобилей и летательных аппаратов, емкостей для химической промышленности, различных труб, глушителей выхлопа автомобилей, бытовых моек, баков стиральных машин и шкафов холодильников, плоских отопительных радиаторов,

сильфонов и других изделий, изготавливаемых из листовых заготовок. Кроме того, шовная сварка широко используется для выполнения прочноплотных швов элементов приборостроения. Плотность соединений, полученных швной сваркой, обеспечивает высокую надежность герметичных сварных конструкций в условиях как низкого давления (высокого вакуума), так и высокого давления.

Рельефная сварка – наименее распространенный, но динамично развивающийся способ контактной сварки (объем применения около 5—7% от общего объема контактных способов). Этот способ используется для крепления кронштейнов к листовым деталям, например скобы к капоту автомобиля, петли для навески дверей к кабине, для соединения крепежных деталей – болтов, гаек и шпилек и т. д. – с несущими элементами конструкций, крепления проволоки к тонким деталям в радиоэлектронике и др. Рельефная сварка по непрерывным замкнутым контурам позволяет получать герметичные соединения, в частности в микроэлектронике – сварка крышки с основанием полупроводниковых элементов или интегральных схем.

Одновременно с пропусканием тока и некоторое время спустя после него производится сжатие деталей, в результате чего происходит взаимное проникновение и сплавление нагретых участков металла.

## Контактная точечная сварка



Особенностями контактной точечной сварки являются:

- \* малое время сварки;
- \* большой сварочный ток, измеряемый в килоамперах;
- \* малое напряжение в сварочной цепи (обычно 2—3В;
- \* значительное сжимающее усилие в зоне сварки (до сотен кг);
- \* минимальная зона расплавления.

Точечную сварку чаще всего применяют для соединения листовых заготовок внахлестку, реже – для сварки стержневых материалов. Диапазон толщин, свариваемых ею, составляет от нескольких микрон до 2—3 см, однако чаще всего толщина свариваемого металла варьируется от десятых долей до 5—6 мм.





\*высокая производительность. Автоматы точечной сварки способны выполнять до нескольких сотен сварочных циклов (сварных точек) в минуту.

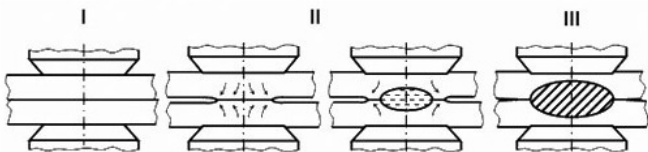
К недостаткам можно отнести отсутствие герметичности шва и концентрацию напряжений в точке сварки. Причем последние могут быть значительно уменьшены или вообще устранены особыми технологическими приемами.

## **Последовательность процессов при контактной точечной сварке**

Весь процесс точечной сварки можно условно разделить на 3 этапа.

- Сжатие деталей;
- Включение импульса электрического тока;
- Выключение тока, охлаждение и кристаллизация металла, заканчивающаяся образованием литого ядра.

### **Шаги контактной точечной сварки**



При следующем цикле все повторяется снова.

## Основные параметры контактной точечной сварки

К основным параметрам контактной точечной сварки относятся: \*сила сварочного тока ( $I_{\text{СВ}}$ ),

\* длительность его импульса ( $t_{\text{СВ}}$ ),

\*усилие сжатия электродов ( $F_{\text{СВ}}$ ),

\* размеры и форма рабочих поверхностей электродов ( $R$  – при сферической,  $d_{\text{Э}}$  – при плоской форме).

Различают жесткий и мягкий режимы сварки.

Первый характеризуется большим током, малой продолжительностью токового импульса (0,08—0,5 секунд в зависимости от толщины металла) и большой силой сжатия электродов. Его применяют для сварки цветных металлов и сплавов.

При мягком режиме производится более плавный нагрев заготовок относительно небольшим током. Продолжительность сварочного импульса составляет от десятых долей до нескольких секунд. Мягкие режимы показаны для сталей, склонных к закалке. В основном именно мягкие режимы используются для контактной точечной сварки в промышленном поточном производстве, где непрерывный процесс обусловлен массой заготовок и узлов.

### **Размеры и форма электродов.**

С помощью электродов осуществляется непосредственный контакт сварочного аппарата с деталями, подвергаемыми сварке. Они не только подводят ток в зону сварки, но и передают сжимающее усилие и отводят тепло.

Форма, размеры и материал электродов являются важнейшими параметрами аппаратов для точечной сварки.

В зависимости от их формы электроды подразделяются на прямые и фигурные. Наиболее распространены прямые, они применяются для сварки деталей, допускающих свободный доступ электродов в свариваемую зону. Их размеры стандартизованы ГОСТ 14111—90, который устанавливает такие диаметры электродных стержней: 10, 13, 16, 20, 25, 32 и 40 мм.

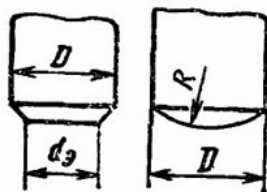
Существуют электроды со сферическими наконечниками, характеризующимися соответственно значениями диаметра ( $d$ ) и радиуса ( $R$ ). От величины  $d$  и  $R$  зависит площадь контак-

та электрода с деталью, влияющая на плотность тока, давление и величину ядра. Электроды со сферической поверхностью имеют большую стойкость (способны сделать больше точек до переточки) и менее чувствительны к перекосам при установке, чем электроды с плоской поверхностью. Поэтому со сферической поверхностью рекомендуется изготавливать электроды, используемые в клещах, а также фигурные электроды, работающие с большими прогибами. При сварке легких сплавов (например, алюминия, магния) применяют только электроды со сферической поверхностью.

Использование электродов с плоской поверхностью приводит к чрезмерным вмятинам и подрезам на поверхности точек и повышенным зазорам между деталями после сварки.

## Рекомендуемые размеры электродов

Толщина детали (мм)	Размеры электродов (мм)		
	$D^*$	$d_3$	R
0,5	12	4	25_50
0,8	12	5	50_75
1,0	12	5	75_100
1,2	16	6	75_100
1,5	16	7	100_150
2,0	20	8	100_150
3,0	25	10	150_200
4,0	25	12	200_250



\* — в новом ГОСТе вместо диаметра 12 мм, введено

10 и 13 мм.

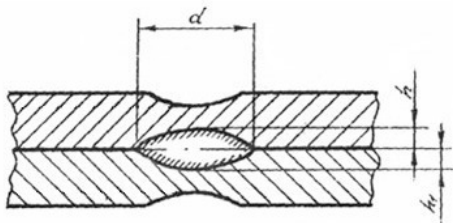
Посадочные части электродов (места, соединяемые с электрододержателем) должны обеспечивать надежную передачу электрического импульса и усилие прижима. Часто они выполняются в виде конуса, хотя существуют и другие виды соединений – по цилиндрической поверхности или резьбе.

Очень важное значение имеет материал электродов, определяющий их электрическое сопротивление, теплопроводность, термостойкость и механическую прочность при высоких температурах. В процессе работы электроды нагреваются до больших температур. Термоциклический режим работы, совместно с механической переменной нагрузкой, вызывает повышенный износ рабочих частей электродов, результатом чего становится ухудшение качества соединений. Чтобы электроды были в состоянии противостоять тяжелым условиям работы, их делают из специальных медных сплавов, обладающих жаропрочностью и высокой электро- и теплопроводностью. Чистая медь также способна работать в качестве электродов, однако она обладает низкой стойкостью и требует частых переточек рабочей части.

### **Сила сварочного тока.**

Сила сварочного тока ( $I_{СВ}$ ) – один из основных параметров точечной сварки. От нее зависит не только количество тепла, выделяющегося в зоне сварки, но и скорость нагрева.

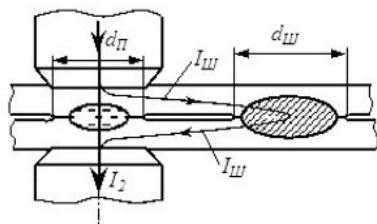
## Сварочное ядро



Необходимо отметить, что ток, который протекает через зону сварки ( $I_{\text{СВ}}$ ), и ток, протекающий во вторичном контуре сварочной машины ( $I_2$ ), различаются между собой – и тем больше, чем меньше расстояние между сварными точками. Причиной этого является ток шунтирования ( $I_{\text{ш}}$ ), протекающий вне зоны сварки – в том числе и через ранее выполненные точки. Таким образом, ток в сварочной цепи аппарата должен быть больше сварочного тока на величину тока шунтирования:

$$I_2 = I_{\text{СВ}} + I_{\text{ш}}$$

Схема шунтирования тока через ранее сваренную точку



Для определения силы сварочного тока можно пользоваться таблицами, составленным для разных режимов сварки и различных материалов.



Толщина деталей, мм	Ток $I_{\text{св.д.}}$ кА	Длительность тока $t_{\text{св.}}$ с	Усилие электро- дов $F_{\text{св.}}$ кгс
------------------------	------------------------------	---	---

#### Жесткие режимы

0,5	5,5—6	0,08—0,1	120—180
0,8	6,5—7	0,1—0,14	200—250
1	7,5—8	0,12—0,16	250—300
1,2	9—10	0,14—0,18	300—400
1,5	10,5—11,5	0,16—0,22	400—500
2	13—15	0,18—0,24	600—700
3	18—20	0,24—0,3	900—1000
3,5	20—22	0,3—0,4	1100—1200
4	23—20	0,4—0,56	1300—1500

#### Мягкие режимы

0,6	3,5	0,2	80
0,8	4	0,3	120
1	5	0,4	150
1,2	5,5	0,5	200
1,5	6,5	0,6	220
1,8	7	0,7	300
2	7,5	0,8	350
2,5	9,5	1	400
3	12	1,3	500

Режимы точечной сварки низкоуглеродистых сталей

Увеличение времени сварки позволяет сваривать токами намного меньшими, чем приведенные в таблице для промышленных аппаратов.

### Время сварки.

Под временем сварки ( $t_{\text{св}}$ ) понимают продолжительность импульса тока при выполнении одной сварной точки. Вместе с силой тока, оно определяет количество теплоты, которое выделяется в зоне соединения при прохождении через нее

электрического тока.

При увеличении  $t_{\text{СВ}}$  повышается проплавление деталей и растут размеры ядра расплавленного металла.

Одновременно с этим увеличивается и теплоотвод из зоны плавления, разогреваются детали и электроды, происходит рассеивание тепла в атмосферу. Предельные величины сварочного тока необратимо ведут к браку сварного узла. Прожёги, подрезы, выплески относятся к недопустимым дефектам и требуют замены. Поэтому увеличение  $t_{\text{СВ}}$  целесообразно только до определенного момента.

На практике чаще всего время сварки принимают по таблицам, корректируя при необходимости принятые значения в ту или иную сторону в зависимости от полученных результатов.

### **Усилие сжатия.**

Усилие сжатия ( $F_{\text{СВ}}$ ) оказывает влияние на многие процессы контактной точечной сварки:

- \*на пластические деформации, происходящие в соединении;

- \*на выделение и перераспределение тепла;

- \*на охлаждение металла и его кристаллизацию в ядре.

С увеличением  $F_{\text{СВ}}$  увеличивается деформация металла в зоне сварки, приводящая к непоправимым дефектам.

При сварке на жестких режимах применяют более высокие значения  $F_{\text{СВ}}$ , чем при мягкой сварке. Это связано с тем,

что при увеличении жесткости возрастает мощность источников тока и проплавление деталей, что может приводить к образованию выплесков расплавленного металла. Большое усилие сжатия как раз и призвано воспрепятствовать этому.

Для проковки сварной точки с целью снятия напряжений и повышения плотности ядра, технология контактной точечной сварки в некоторых случаях предусматривает кратковременное увеличение силы сжатия после отключения электрического импульса или повторном сжатии малыми режимами.

## **Подготовка деталей к сварке**

Огромнейшее значение в процессе точечной сварки имеет качество подготовки свариваемых кромок деталей в зоне контакта. Детали между собой и в месте контакта с электродами зачищают от окислов и других загрязнений.

Сами электроды или наконечники разных форм тоже необходимо выбрать нужного диаметра и формы. Немалое значение в сварке имеет и их предварительная зачистка.

В технологии контактной точечной сварки, для зачистки поверхности используют пескоструйную обработку, наждачные круги и металлические щетки, а также травление в специальных растворах.

Высокие требования предъявляются к качеству поверхности деталей из алюминиевых и магниевых сплавов. Целью

подготовки поверхности под сварку является удаление окисных плёнок, обладающих высоким сопротивлением.

## **Оборудование для точечной сварки**

Различия между существующими видами аппаратов для точечной сварки определяются в основном родом сварочного тока и формой его импульса, которые производятся их силовыми электрическими контурами. По этим параметрам оборудование контактной точечной сварки подразделяется на следующие виды:

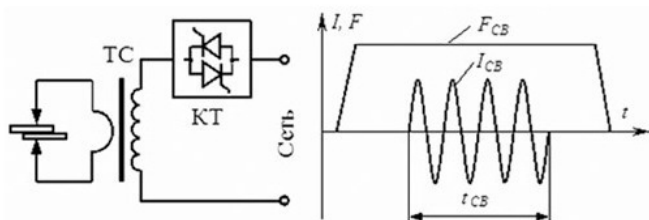
- машины для сварки переменным током;
- аппараты низкочастотной точечной сварки;
- машины конденсаторного типа;
- машины сварки постоянным током.

Каждый из этих типов машин имеет свои преимущества и недостатки в технологическом, техническом и экономическом аспектах. Наибольшее распространение получили машины для сварки переменным током.

### **Машины контактной точечной сварки переменного тока.**

Принципиальная схема машин для точечной сварки переменным током представлена на рисунке ниже.

Схема аппарата точечной сварки



Напряжение, при котором осуществляется сварка, формируется из напряжения сети (220/380В) с помощью сварочного трансформатора (ТС). С помощью модуля можно не только управлять продолжительностью времени сварки, но и осуществлять регулирование формы подаваемого импульса за счет изменения угла открытия тиристоров.

Обоснованно считается, что точечную сварку низколегированных и малоуглеродистых сталей больших толщин производить именно машинами переменного тока (трансформаторами).

### **Конденсаторная сварка.**

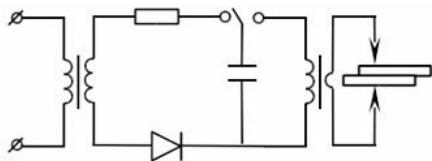
Сущность конденсаторной сварки заключается в том, что сначала электрическая энергия относительно медленно накапливается в конденсаторе при его зарядке, а затем очень быстро расходуется, генерируя токовый импульс большой

величины. Это позволяет производить сварку, потребляя из сети меньшую мощность по сравнению с обычными аппаратами для точечной сварки.

Кроме этого основного преимущества, конденсаторная сварка имеет и другие. При ней происходит постоянное контролируемое расходование энергии (той, которая накопилась в конденсаторе) на одно сварное соединение, что обеспечивает стабильность результата.

Сварка происходит за очень короткое время (сотые и даже тысячные доли секунды). Это дает концентрированное выделение тепла и минимизирует зону термического влияния. Последнее достоинство позволяет использовать её для сварки металлов с высокой электро- и теплопроводностью (медных и алюминиевых сплавов, серебра и др.), а также материалов с резко различающимися теплофизическими свойствами.

Схема аппарата для конденсаторной сварки



Жесткая конденсаторная микросварка используется в радиоэлектронной промышленности.

Количество энергии, накопленное в конденсаторах, можно рассчитать по формуле:

$$W = C \cdot U^2 / 2$$

где  $C$  – емкость конденсатора, Ф

$W$  – энергия, В,

$U$  – зарядное напряжение, В.

Изменяя величину сопротивления в зарядной цепи, регулируют время зарядки, зарядный ток и потребляемую из сети мощность.

### **Дефекты контактной точечной сварки**

При качественном исполнении, точечная сварка обладает высокой прочностью и способна обеспечить эксплуатацию изделия в течение длительного срока службы. При разрушениях конструкций, соединенных многоточечной многорядной точечной сваркой, разрушение происходит, как правило, по основному металлу, а не по сварным точкам.





## **Разрушение соединения по основному металлу**

Качество сварки зависит от опыта и квалификации оператора-сварщика, который сводится в основном к выдерживанию необходимой продолжительности токового импульса на основании визуального наблюдения (по цвету) за сварной точкой.

Правильно выполненная сварная точка расположена по центру стыка, имеет оптимальный размер литого ядра, не содержит пор и включений, не имеет наружных и внутренних выплесков и трещин, не создает больших концентраций напряжений.

При приложении усилия на разрыв, разрушение конструкции происходит не по литому ядру, а по основному металлу.

Дефекты точечной сварки подразделяются на три типа:

– отклонения размеров литой зоны от оптимальных, смещение ядра относительно стыка деталей или положения электродов;

– нарушение сплошности металла в зоне соединения;

– изменение свойств (механических, антикоррозионных и др.) металла сварной точки или прилегающих к ней областей.

Наиболее опасным дефектом считается отсутствие литой зоны (непровар в виде «склейки»), при котором изделие может выдерживать нагрузку при невысокой статической нагрузке, но разрушается при действии переменной нагрузки и колебаниях температуры.

Прочность соединения оказывается сниженной и при больших вмятинах от электродов, разрывах и трещинах кромки нахлестки, выплеске металла. В результате выхода литой зоны на поверхность, снижаются антикоррозионные свойства изделий (если они были).

**Непровар полный или частичный, недостаточные размеры литого ядра.** Возможные причины: мал сварочный ток, слишком велико усилие сжатия, изношена рабочая поверхность электродов. Недостаточность сварочного тока может вызываться не только его малым значением во вторичном контуре машины, но и касанием электрода вертикальных стенок профиля или слишком близким расстоянием между сварными точками, приводящим к большому шунтирующему току.

Дефект обнаруживается внешним осмотром,

приподниманием кромки деталей пробойником, ультразвуковыми и радиационными приборами для контроля качества сварки.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.