КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ

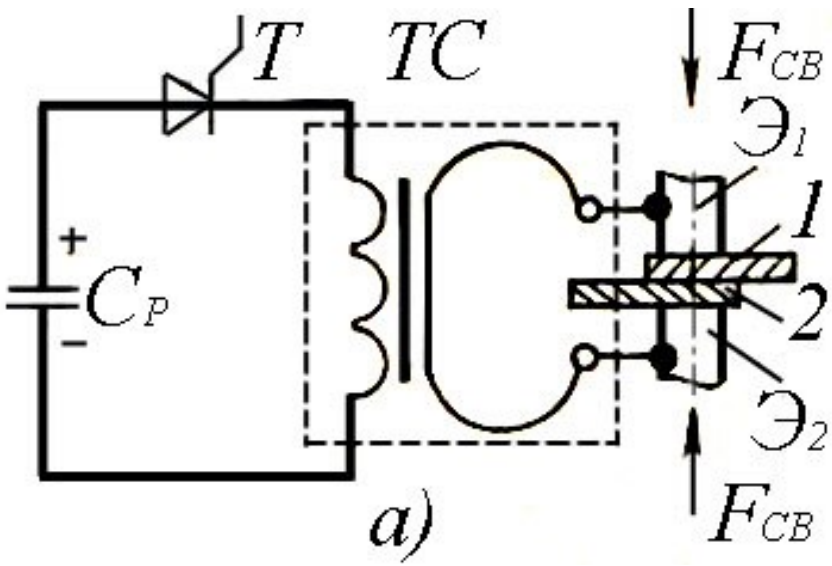
по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ»

- Разновидности конденсаторной сварки
- Особенности образования соединений при точечной, стыковой, шовной, рельефной сварке
- Области применения

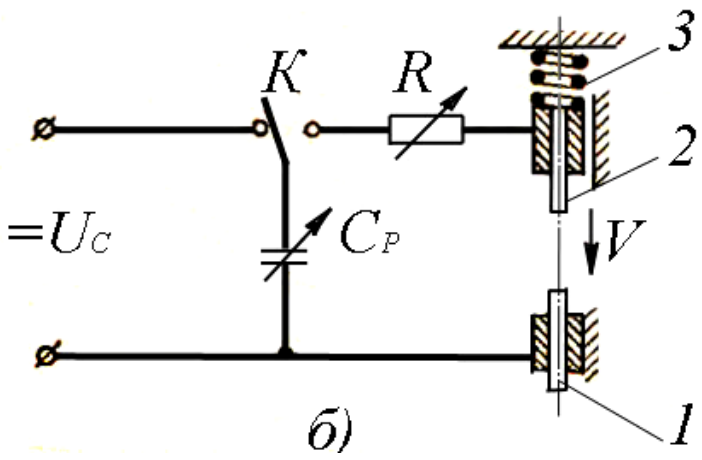
Принципиальные схемы конденсаторной сварки

Конденсаторная сварка является самым распространенным способом сварки аккумулированной энергией.
Сварка аккумулированной энергией – это технологический процесс, при котором сварное соединение металлов осуществляется за счет джоулевой теплоты или теплоты при дуговом разряде, выделяемой сварочным током, который получается при использовании заранее накопленного количества энергии.



При трансформаторной конденсаторной сварке батарея конденсаторов $C_р$ через тиристор *T* разряжается на первичную обмотку трансформатора сварочного *ТС*. Во вторичной обмотке, которая обычно состоит из одного витка, индуктируется импульс тока. Сварочные электроды $Э_1$ и $Э_2$ сжимаются усилием $F_{св}$. Через детали *1* и *2* протекает сварочный ток, в зоне контакта деталь–деталь образуется сварная точка.

Принципиальные схемы конденсаторной сварки



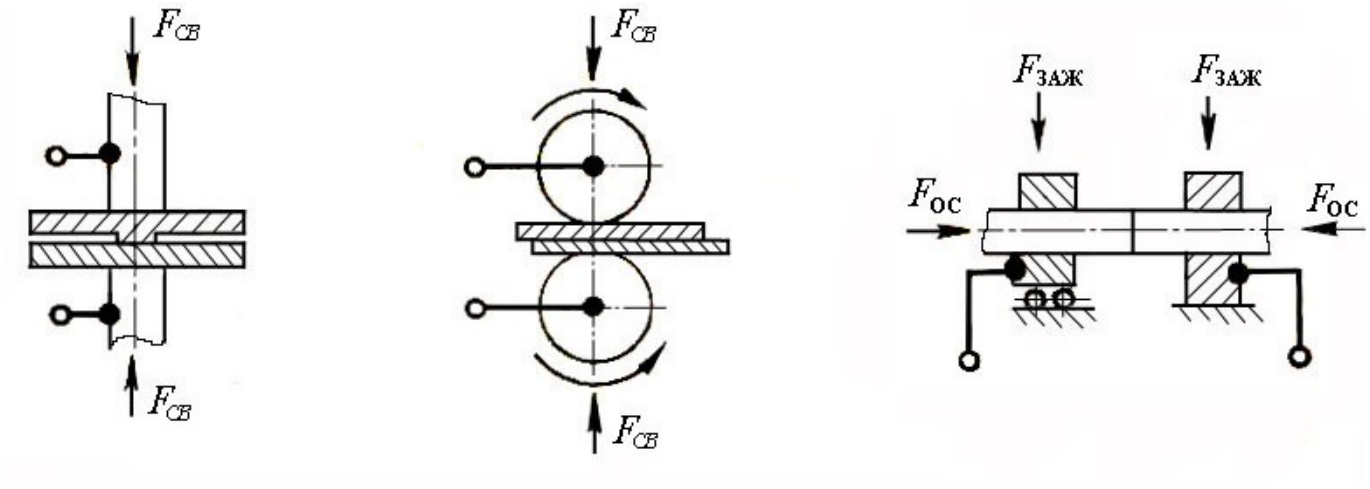
Безтрансформаторная конденсаторная сварка осуществляется разрядом батареи конденсаторов $C_р$ непосредственно на свариваемые детали *1* и *2*, закрепленные в электродном устройстве машины.

$$W_с = \frac{C_д U_с^2}{2} \cdot 10^{-6}$$

где $C_р$ – емкость батареи, мкФ; $U_с$ – напряжение зарядки батареи конденсаторов, В.

При бестрансформаторной ударной конденсаторной сварке после зарядки конденсатора $C_р$ от источника постоянного тока коммутатор К переключается и на свариваемые детали *1* и *2* подается напряжение $U_с$ конденсатора $C_р$. Деталь *1* неподвижная, а деталь *2* может перемещаться в направляющих (под действием сжатой пружины *3*). Если освободить защелку (на схеме не показана), удерживающую деталь *2*, то под действием усилия сжатия пружины *3* эта деталь быстро перемещается по направлению к детали *1* и ударяется об нее. Перед соударением деталей возникает дуговой разряд за счет энергии, накопленной в конденсаторе $C_р$. При этом на обеих деталях происходит расплавление металла стыкуемых участков, которые после соударения деталей и охлаждения зоны соединения свариваются между собой.

Схемы трансформаторной конденсаторной сварки: *а* – рельефная; *б* – шовная; *в* – стыковая



При всех приведенных способах сварки (рельефная, шовная и стыковая) наибольшее количество теплоты при разряде батареи конденсаторов выделяется в контакте свариваемых деталей.

Разновидности конденсаторной сварки

Конденсаторная сварка имеет также и ряд технологических преимуществ. Основными из них являются следующие.

1. Строгая дозировка энергии позволяет при прочих равных условиях расплавить вполне определенный объем металла, что позволяет получать соединения стабильного качества.

2. Точное дозирование энергии и возможность получения любых малых ее количеств позволяют сваривать металлы очень малых толщин (вплоть до тысячных долей миллиметра).

3. Из-за малого времени протекания сварочного тока обеспечивается небольшая зона термического влияния. Это позволяет осуществлять сварку рядом с теплочувствительными элементами и с минимальной пластической деформацией металла в зоне сварки, выполнять соединения при огромной разнице в толщинах элементов или диаметрах (например, 1:10000 и более) и при различных теплофизических свойствах металлов.

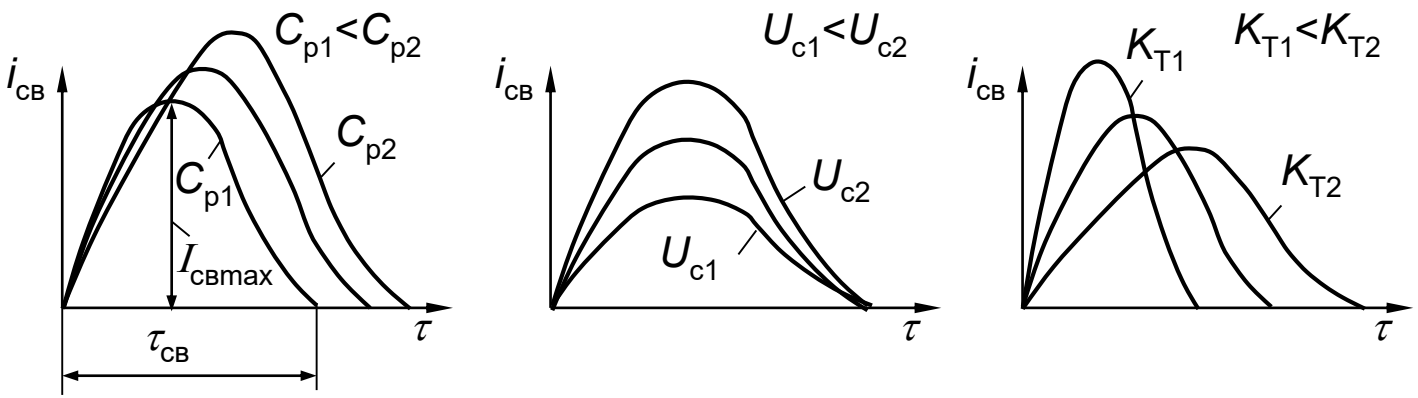
4. Возможность получения различных по форме импульсов сварочного тока.

5. Благодаря применению жестких режимов сварки и относительно большой паузе между выполнением соединений повышается стойкость электродов.

6. Кратковременность процесса сварки и высокая стабильность соединений позволяют создать высокопроизводительное и автоматизированное оборудование.

Особенности процессов точечной и рельефной сварки

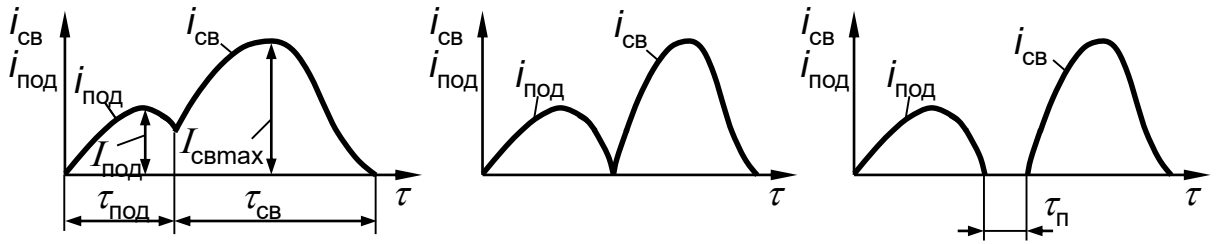
При конденсаторной точечной и рельефной сварке используются в основном те же три циклограммы, которые применяются при сварке на машинах переменного тока, низкочастотных и постоянного тока. Почти во всех конденсаторных машинах форма импульса тока определяется емкостью батареи конденсаторов $C_р$, напряжением ее зарядки $U_с$ и коэффициентом трансформации сварочного трансформатора $K_т$. На рис. представлены зависимости формы импульсов сварочного тока от $C_р$, $U_с$ и $K_т$.



При увеличении емкости $C_р$ растет амплитуда и длительность импульса сварочного тока, угол нарастания тока остается практически неизменным.

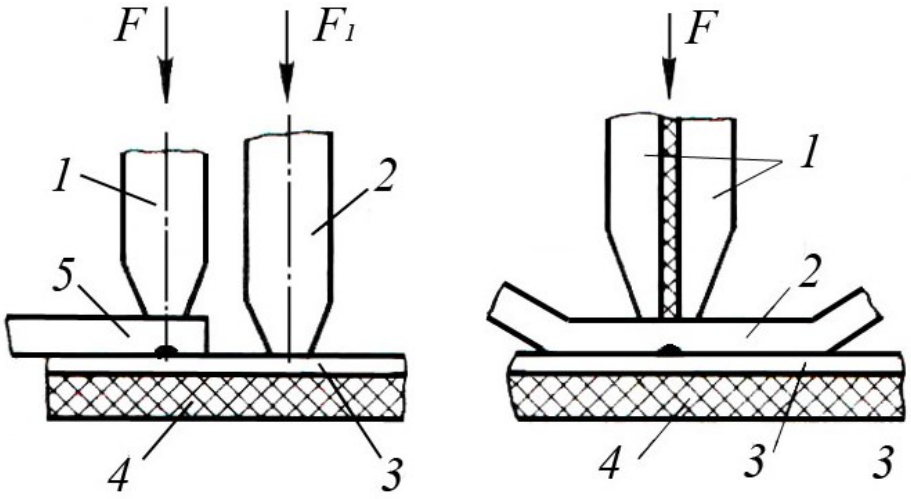
С увеличением напряжения $U_с$ растет амплитуда импульса сварочного тока, длительность импульса почти не меняется. Скорость нарастания тока растет при увеличении *Uc*

Изменение $K_т$ влечет за собой изменение амплитуды, длительности и угла нарастания тока .



Области применения

Конденсаторная точечная сварка широко применяется для соединения тонких и ультратонких металлов (толщиной менее 0,3 мм). При этом используют одностороннюю точечную сварку (*а*) и сварку сдвоенным электродом (*б*).



Основные способы односторонней контактной сварки: *а* – односторонняя контактная сварка: *1, 2* – электроды; *3* – контактная площадка; *4* – диэлектрическое основание; *5* – привариваемый проводник; *б* – сварка сдвоенным электродом: *1* – сдвоенный электрод; *2* – привариваемый проводник; *3* – контактная площадка; *4* – диэлектрическое основание

Области применения

Конденсаторная рельефная сварка используется для герметизации корпусов микросхем и полупроводниковых приборов. На рис. приведена одна из схем контурной конденсаторной сварки микросхем. Металлическое основание *4* микросхемы с крышкой *2* соприкасаются между собой по контуру в результате приложения усилия $F_{св}$ к токоподводящим электродам *1* и *5*. Перед пропусканием сварочного тока площадь кольцевого контакта мала, а сопротивление его значительное. На нем выделяется теплота, в зоне контакта детали нагреваются до температуры сварки, происходит осадка и образование соединения в твердой фазе.

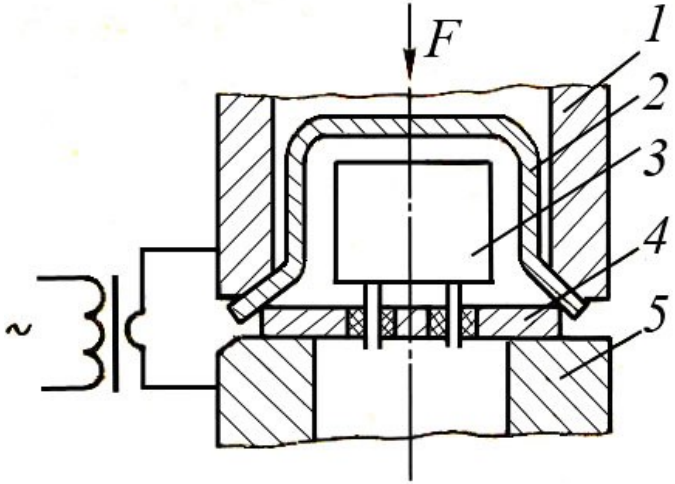
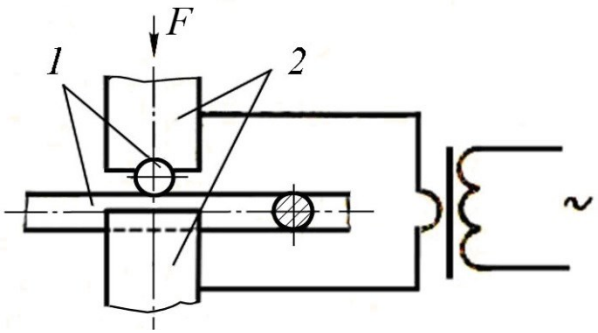


Схема герметизации корпусов контурной рельефной сваркой



Конденсаторная рельефная сварка проводников

Конденсаторная рельефная сварка используется для соединения тонких проводников. На рис представлена схема сварки крестообразных соединений. Проводники *1* устанавливаются между электродами *2*, имеющими цилиндрические канавки. После пропускания импульса тока проводники осаживаются, происходит их пластическая деформация. Из зоны контакта проводников удаляются оксидные пленки, в результате чего образуются ювенильные поверхности. Атомы металлов сближаются на расстояние действия межатомных сил, и происходит образование соединения в твердой фазе.

Области применения

Основные параметры режима конденсаторной точечной и рельефной сварки:
– сварочный ток $I_{св} = f(\tau_{св})$;
– сварочное усилие $F_{св}$;
– ковочное усилие $F_{ков}$;
– время проковки $\tau_{ков}$;
– время запаздывания $\tau_{зап}$;
– форма и размеры электродов;
– полярность импульса тока;
– форма и размеры рельефов (при рельефной сварке).

$$d_р = (1{,}2\ldots2{,}0)\,\delta;$$
$$h_р = (0{,}4\ldots0{,}9)\,\delta. \qquad (7.4)$$

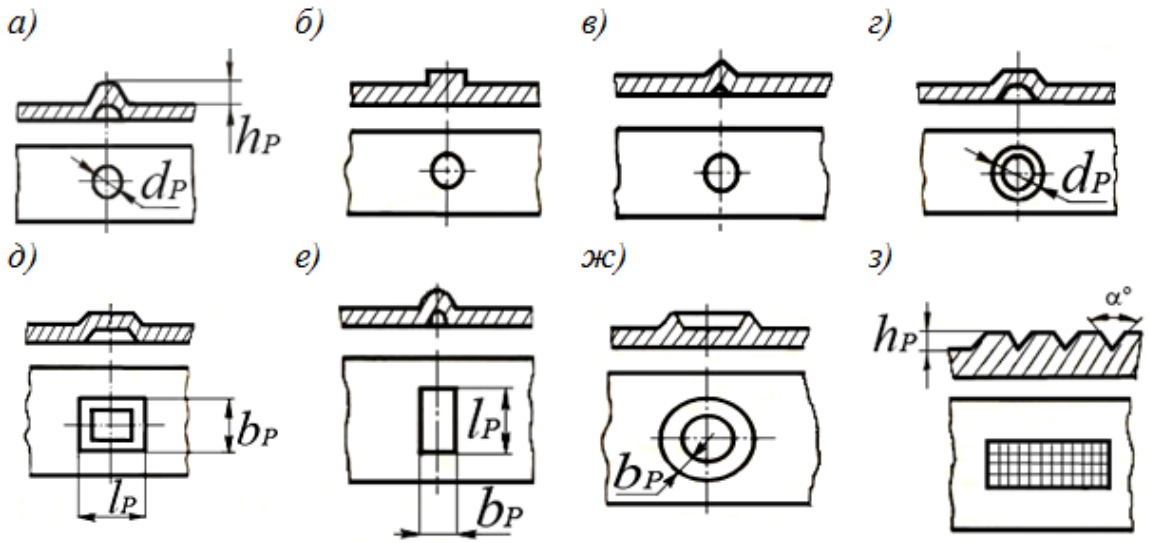
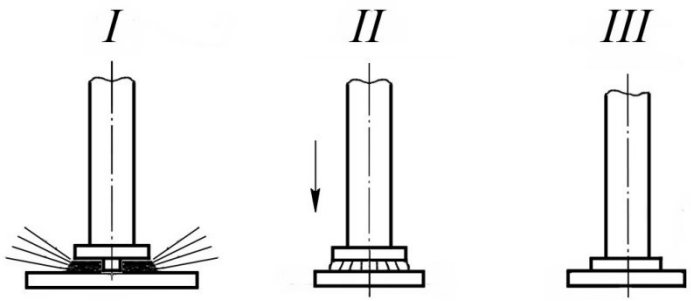


Рис. 7.9. Разновидности рельефов при конденсаторной рельефной сварке

Особенности процессов шовной и стыковой сварки

Конденсаторная шовная сварка применяется преимущественно для соединения металлов и их сплавов малой толщины. Ее используют также при соединении металлов неравной толщины и разнородных материалов.
Существуют следующие разновидности шовной сварки:
– прерывистая шовная сварка;
– шаговая шовная сварка.
Импульсы сварочного тока индуктируются во вторичной обмотке сварочного трансформатора во время разрядки батареи конденсаторов. Во время паузы между импульсами сварочного тока идет зарядка батареи конденсаторов.
При шаговой шовной конденсаторной сварке импульс сварочного тока протекает в зоне сварки во время остановки роликов. При шаговой сварке с повышенным ковочным усилием последнее прикладывается к электродам во время остановки роликов после прохождения импульса тока.
Для получения герметичных сварных соединений сварные точки должны перекрывать друг друга. Шаг точек при этом должен быть меньше их диаметра.
Конденсаторная стыковая сварка применяется для соединения проводников малого диаметра. В основном – это сварка сопротивлением. Точное дозирование энергии, запасаемой в батарее конденсаторов, способствует получению стыковых соединений с небольшим усилением, стабильными размерами и прочностью. Качество соединений зависит от тщательности подготовки торцов деталей перед сваркой.

Особенности процесса ударной конденсаторной сварки

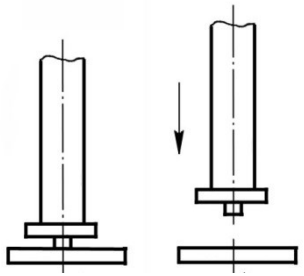


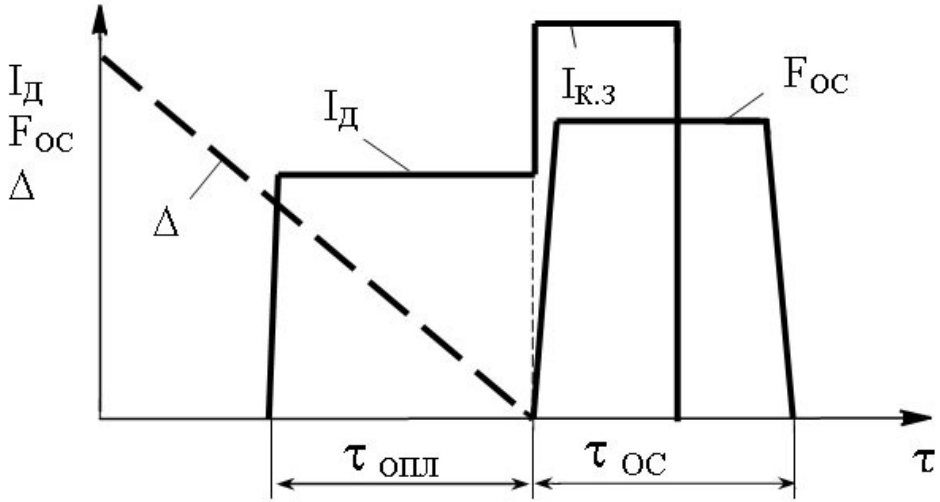
Стадии процесса ударной конденсаторной сварки шпилек

Процесс УКС можно разделить на три стадии:
1) возбуждение дуги;
2) горение дуги, во время которого происходят нагрев стыкуемых поверхностей и их очистка от пленки окислов и адсорбированных газов;
3) осадка свариваемых деталей, при которой расплавленный металл полностью или частично удаляется из зоны стыка.

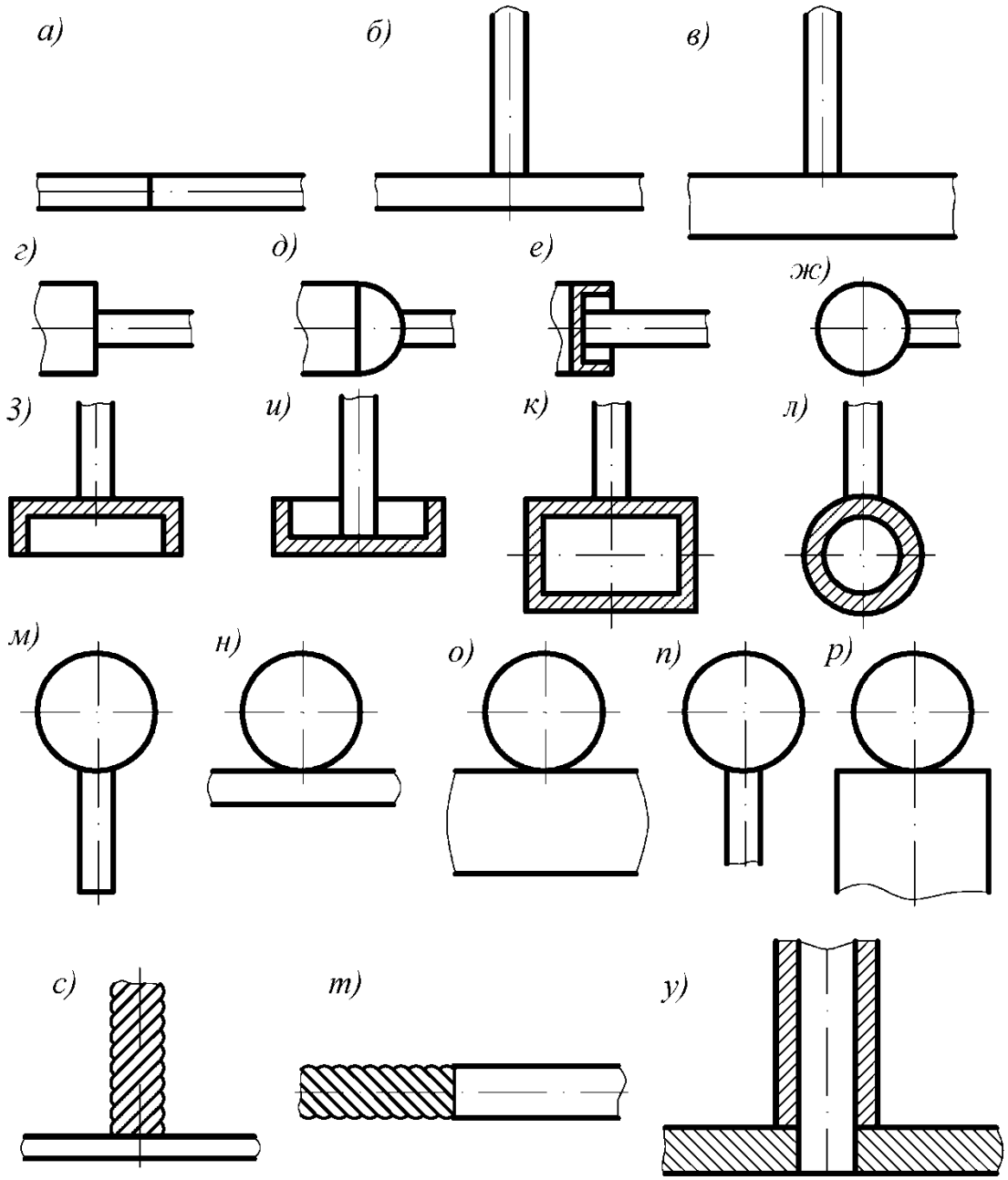
В последнее время в промышленности широко используется способ УКС шпилек и болтов. Он позволяет осуществлять *Т*-образные соединения при соотношении диаметра свариваемых деталей и толщины листа до 10:1 и обеспечивает высокую производительность и стабильность качества соединений. С целью создания благоприятных условий для возбуждения дуги на торце шпильки (болта) сечением 3…50 мм^2 делается выступ.
Форма выступа может быть различной: цилиндрической, конической или сферической.

В соответствии с положением деталей перед началом оплавления различают сварку шпилек с предварительным контактом со второй свариваемой деталью и с предварительным зазором между ними.





Циклограмма процесса УКС с предварительным зазором между свариваемыми деталями: $I_д$ – ток дуги; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания; $F_{ос}$ – усилие осадки; Δ – величина зазора между свариваемыми деталями; $\tau_{опл}$ – время горения дуги; $\tau_{ос}$ – время осадки



стыковая сварка проволок равного диаметра (*а*) приварка проволоки к плоской развитой поверхности (*б, в, г, е, з, и, к*), к сферической (*д, п*) и к цилиндрической (*ж, л*), приварка шарика к ребру листа (*м*) и к плоской поверхности (*н, о, р*), сварка многожильного провода с листом (*с*) и с одножильным проводом
(*т*) и сварка трубы с трубной доской (*у*).

Как понятно из названия, главным составляющим конструкции сварочного оборудования является конденсатор, который накапливает в себе энергию. Далее процесс плавления складывается следующим образом. Две детали, которые нужно соединить, фиксируются специальными клещами или электродами сварочной машины. По ним начинает протекать очень сильный ток. В месте соприкосновения деталей их материал сильно нагревается, начинает плавиться. Далее ток прекращает свое течение, а заготовки максимально сдавливаются между электродами: металл кристаллизуется и в результате образуется сварное соединение.

Наибольшее распространение конденсаторная сварка получила для приварки крепежа – шпилек, штифтов, болтов к тонким металлическим листам. Используя специальное сварочное оборудование, метизы можно приваривать несколькими способами.

Можно получить неразъемное соединение с помощью конденсаторного разряда. Порядок таков: в пистолет вставляется крепежный элемент шляпкой наружу и с помощью встроенной пружины прижимается к листу, то есть к тому месту, куда его нужно приварить. В момент соприкосновения шляпки крепежа и поверхности листа замыкается цепь и через торец крепежа начинает течь электрический ток. В результате он размягчается, и крепежный элемент вплавляется в поверхность детали, чему способствует и действие пружины.
По мере вдавливания образуется сварочная дуга, расплавляющая и поверхность листа, к которому нужно приварить метиз. При совмещении фланца крепежа и расплавленного материала детали подача сварочного тока моментально прекращается, а пружина продолжает вдавливать крепеж к детали до полного затвердевания сварочной ванны.
От жесткости встроенной пружины зависит главный фактор — время, затрачиваемое на выполнение операции, а следовательно, энергия, необходимая для расплавления метиза. Чем быстрее движение крепежа к детали, тем меньше энергии будет выделяться конденсатором — тем меньше времени займет процесс соединения деталей.
Существует второй вид конденсаторной сварки – по зазору. В этом случае крепежный элемент удерживается с помощью электромагнита, который встроен в сварочный пистолет. Электромагнит приподнимает вверх крепеж на заданное расстояние между деталью или листом, к которому планируется приварить крепеж, и его торцом. Потом на сварочный элемент (клещи) подается сильный электрический ток. Воздушный зазор между крепежом и деталью ионизируется, и образуется электрическая дуга, которая расплавляет и торец метиза, и поверхность детали.
Далее встроенная пружина толкает метиз к детали и плотно прижимает его к расплавленному месту. Электрическая дуга гаснет в момент их соприкосновения. Расплав кристаллизуется и твердеет, и в результате образуется прочное соединение.
Весь процесс занимает тысячные доли секунды и протекает настолько интенсивно, что на самом деле воспринимается как громкий хлопок. Из-за высокой скорости процесса обработке поддаются даже такие быстро окисляющиеся металлы, как алюминий и его сплавы.

ПРЕИМУЩЕСТВА КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ

высокая скорость — выполнение сварочного соединения занимает несколько тысячных долей секунды – от 0,0001 до 0,003 сек;

экономичность — затраты электроэнергии минимальны: потребляемая мощность колеблется от 0,2 до 2 кВт;

аккуратность — на лицевой стороне листа отсутствуют какие-либо следы от сварки; это, безусловно, сохраняет презентабельный внешний вид готового изделия;

возможность сварки тонких листов металла – толщина их может составлять до десятых долей миллиметра – от 0,6 мм;

простота выполнения — справиться с аппаратом для конденсаторной сварки может человек даже с минимальным опытом работы. Кроме того, для получения сварочного соединения нужен доступ только к одной стороне детали, что существенно облегчает работу;

экологическая безопасность — в отличие от других методов сварки, эта не имеет негативных влияний на окружающую среду. В сварочных аппаратах конденсаторного типа отсутствует охлаждающая жидкость: вам больше не надо охлаждать оснастку (наконечники электродов).