

КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ  
по дисциплине

**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ  
СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ»**

лекция №7

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., доцент кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ №7

## Тема 7 . Сварка на лицевых поверхностях

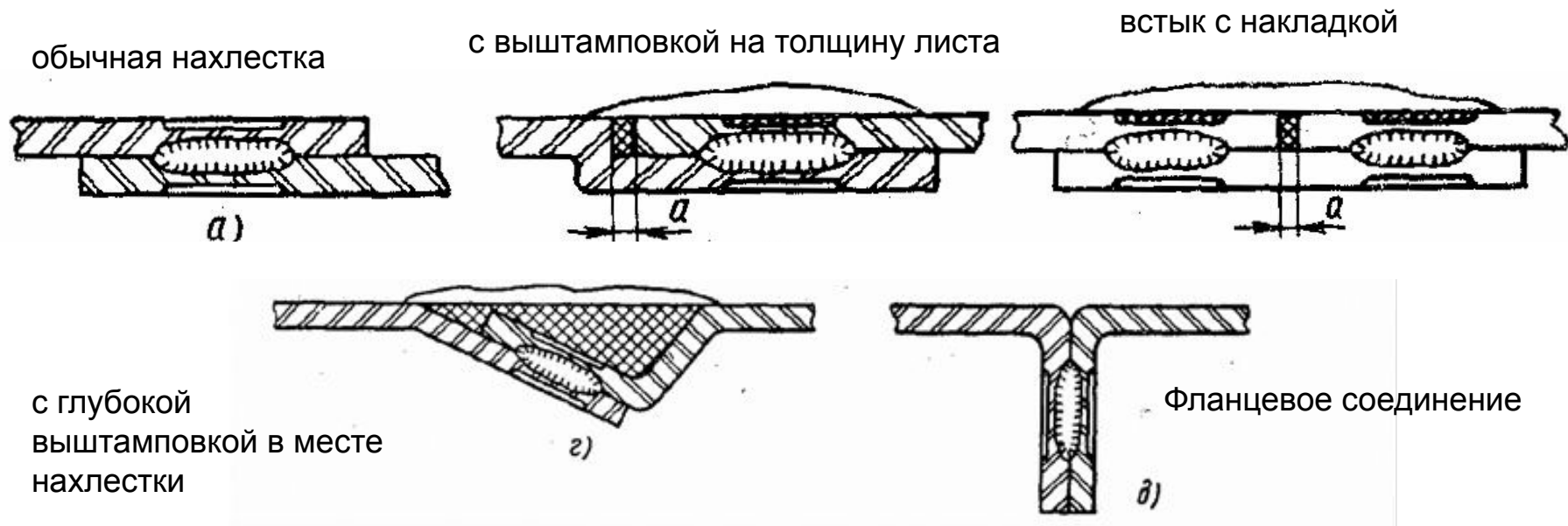
- ❑ Сварка сталей с окалиной.
- ❑ Сварка металлов большой толщины.
- ❑ Сварка деталей с защитными покрытиями.
- ❑ Сварка композиционных материалов и специальных конструкций.

# СВАРКА НА ЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИЗДЕЛИЙ

Исключение вмятин имеет особенно большое значение при изготовлении декоративных изделий, узлов летательных аппаратов, автомобилей, тракторов, троллейбусов, сельхозмашин, лифтов и др.

Причинами образования вмятин чрезмерной глубины могут быть малый диаметр контактной поверхности электрода, большой сварочный ток или время его протекания, неправильная установка электродов, большое усилие проковки, выплески расплавленного металла и т. д. Согласно ГОСТ 15878-79 глубина вмятины  $g_{\text{ВМ}}$  не должна превышать 15...20 % от толщины детали.

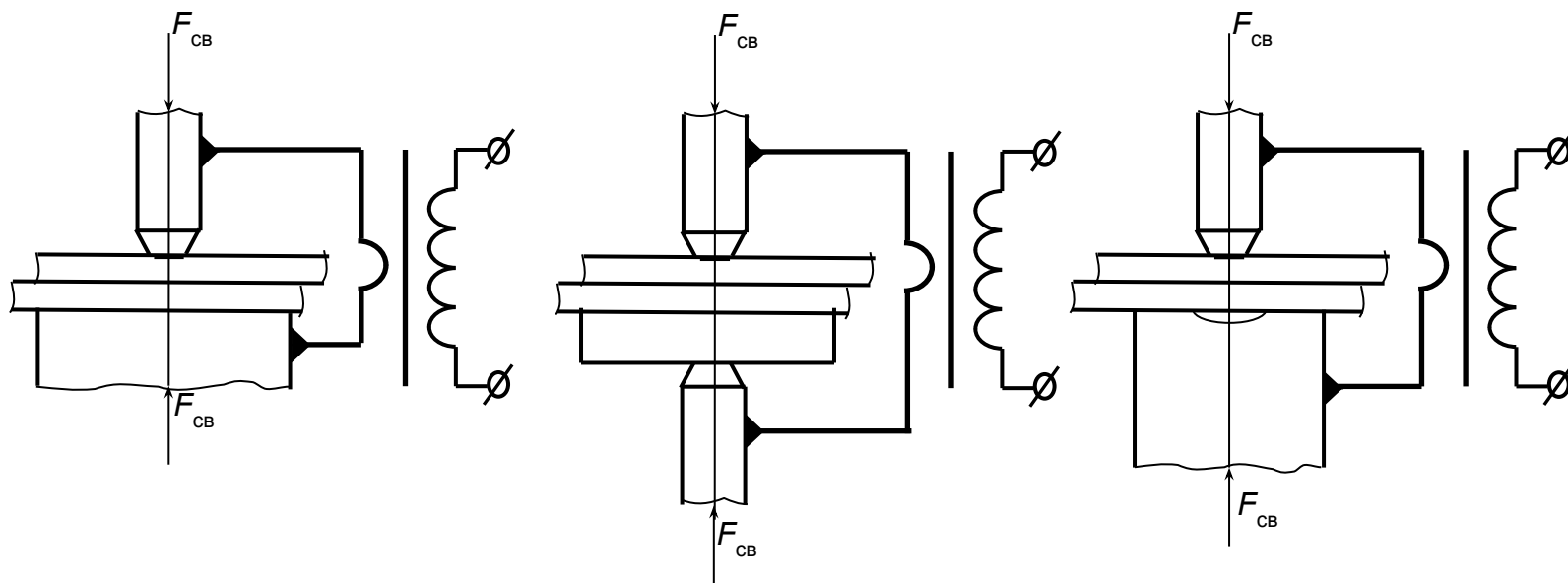
Проблему улучшения внешнего вида соединений при контактной точечной сварке на предприятиях решают по-разному.



Место соединения обычно покрывается пластмассой или заполняется припоем.

## СВАРКА НА ЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИЗДЕЛИЙ

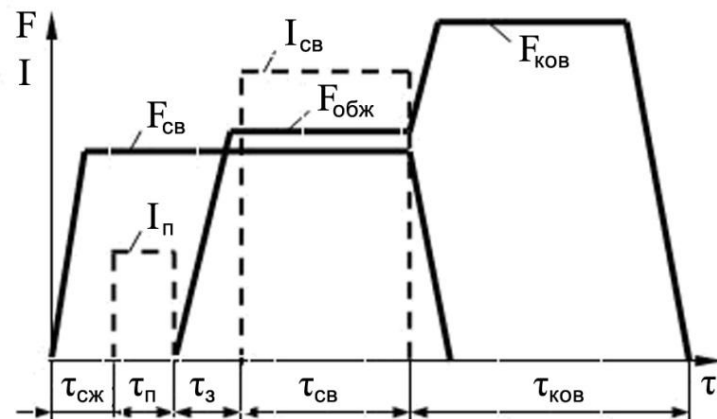
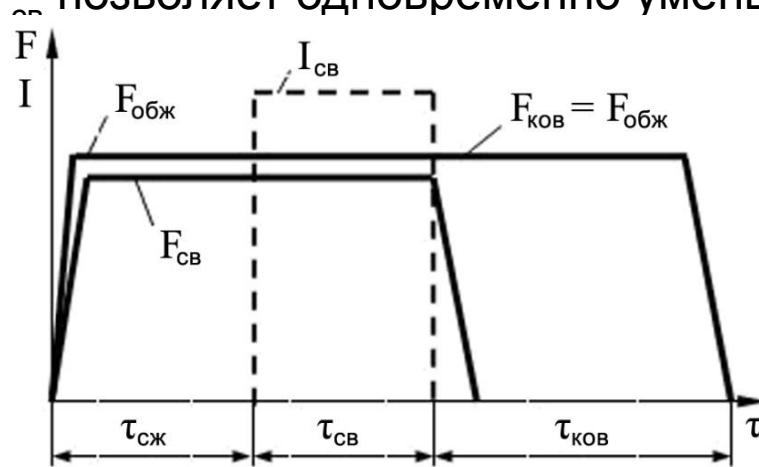
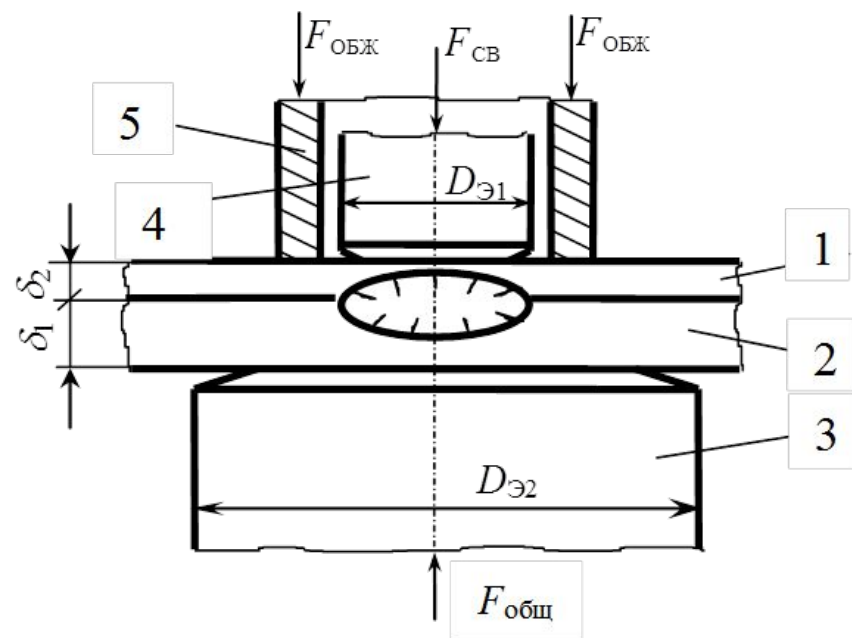
Для уменьшения глубины вмятин от электродов с одной стороны изделия применяется несколько способов «бесследной» сварки, которые заключаются в увеличении со стороны лицевой поверхности контактной поверхности одного из электродов *а*) или введении между электродом и деталью пластинки из медных сплавов (*б*).. Для получения на лицевой поверхности детали минимального отпечатка в электроде с увеличенной рабочей поверхностью иногда делают небольшую лунку (рис. *в*). В этом месте на лицевой поверхности образуется выпуклость, которая затем удаляется при зачистке.



Способы «бесследной» точечной сварки: *а* – с увеличенной рабочей поверхностью электрода; *б* – с применением пластинки из медного сплава; *в* – с применением электрода, имеющего с лицевой стороны изделия увеличенную рабочую поверхность и лунку на ней

# СВАРКА НА ЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИЗДЕЛИЙ

Для улучшения качества лицевых поверхностей изделий в случае, когда электродное устройство обеспечивает независимое приложение усилия обжатия  $F_{обж}$  периферийной зоны, могут применяться различные циклограммы процесса точечной сварки. Циклограмма сварки с применением импульса тока подогрева  $I_{п}$  позволяет в совокупности с обжатием периферийной зоны соединения снизить усилие сжатия электродов  $F_{св}$  на 15...20 % за счет повышения пластичности свариваемых металлов. Снижение  $F_{св}$  позволяет одновременно уменьшить и величину глубины вмятин.



## СВАРКА СТАЛЕЙ С ОКАЛИНОЙ

Горячекатаные стали, поставляемые для изготовления сварных конструкций, имеют на поверхности неудаленную окалину. Наличие ее повышает сопротивление деталь–деталь  $r_{\text{дд}}$  до 60...1000 мкОм. Большой диапазон изменения сопротивления  $r_{\text{дд}}$  объясняется неравномерным удалением окислов с поверхности при травлении и других способах очистки.

Окалина, обладая высокой плотностью и низкой теплопроводностью, препятствует образованию вокруг литого ядра зоны сварки в твердом состоянии (пластического пояса).

В результате местной несплошности окалины или разрушения ее под действием усилия  $F_{\text{св}}$  в отдельных зонах участка электрод–деталь и деталь–деталь образуются начальные контакты. Сопротивление их высокое. В начале протекания импульса сварочного тока из-за большой плотности тока появляются начальные выплески расплавленного металла.

В начале процесса ядро точки имеет некруглую форму. Окалина, температура плавления которой ниже  $T_{\text{пл}}$  основного металла, по мере нагрева до пластичного состояния не полностью удаляется из зоны контактов. В зоне контакта электрод–деталь частицы окалины вдавливаются в рабочую поверхность электродов, повышая сопротивление  $r_{\text{эд}}$ . Электроды перегреваются, существенно снижается их стойкость. Необходима их частая зачистка. Качество сварных соединений невысокое, в центре точки образуется усадочная раковина.

## СВАРКА СТАЛЕЙ С ОКАЛИНОЙ

Существуют несколько способов сварки горячекатаных сталей, позволяющих получить соединения приемлемого качества.

### **Сварка сталей с очисткой от окалины.**

Может применяться травление в горячем растворе серной кислоты или других растворителей, использоваться дробеструйная очистка поверхности, а также газопламенная, гидropескоструйная и другие способы очистки.

Часто производится местная очистка от окалины наждачным кругом узких участков деталей, на которых впоследствии будут располагаться сварные точки.

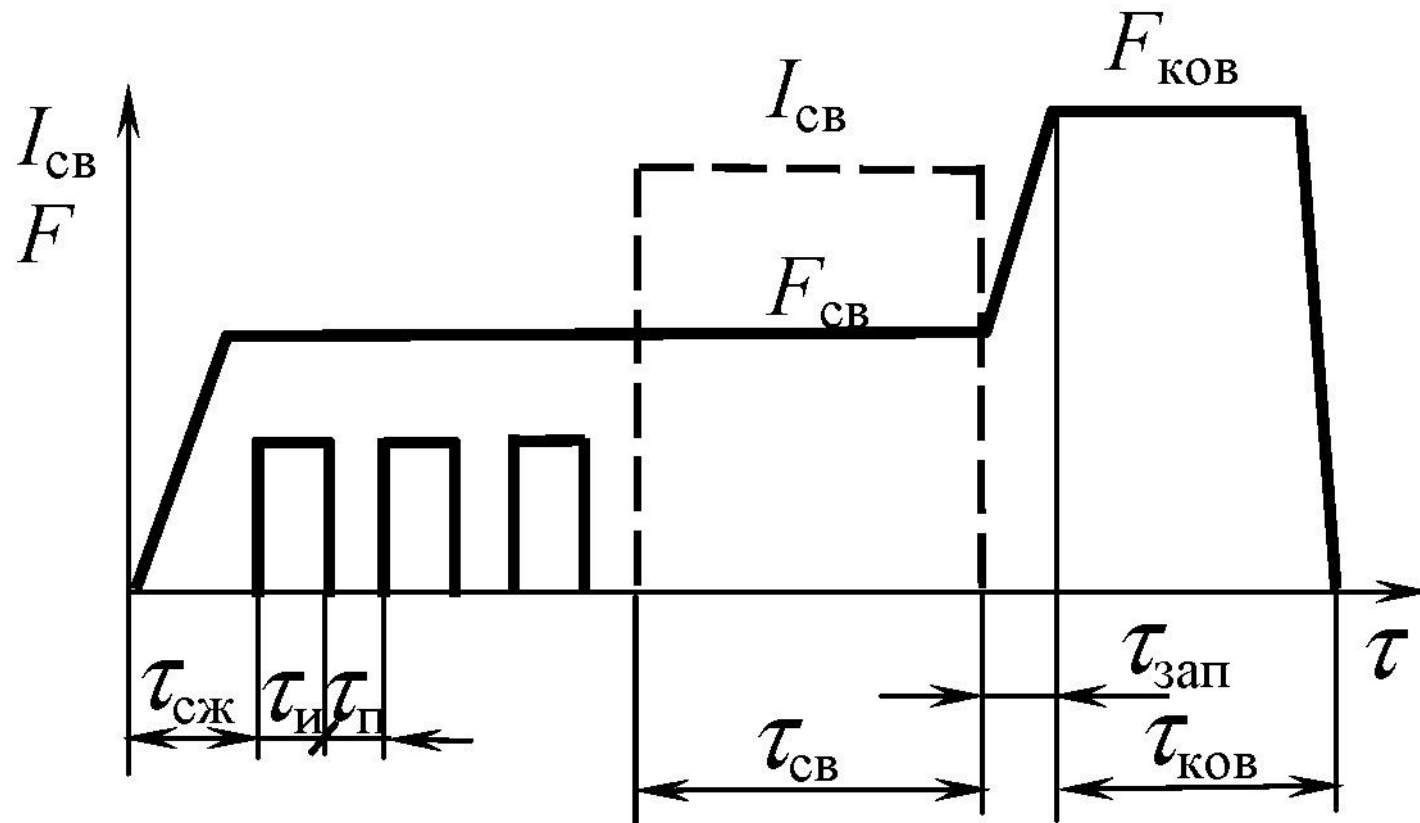
Точечная сварка со снятой окалиной проводится на таких же режимах, которые применяются при сварке холоднокатаной стали.

### **Многоимпульсная сварка.**

В процессе многоимпульсной сварки уменьшается нагрев электродов. Модуляция тока в начале его протекания снижает плотность тока и, как следствие, предотвращает появление выплесков из зоны деталь–деталь и электрод–деталь.

При сварке горячекатаного металла применяется повышенное ковочное усилие, устраняющее дефекты ядра и снижающее остаточные напряжения в соединении.

# СВАРКА СТАЛЕЙ С ОКАЛИНОЙ



циклограмма процесса точечной сварки горячекатаной стали. Количество импульсов подогрева  $I_{\text{под}}$ , их длительность  $\tau_{\text{и}}$ , количество и время пауз  $\tau_{\text{п}}$  зависят от толщины металла. Повышенное усилие  $F_{\text{св}}$  полезно применять для снижения контактных сопротивлений.



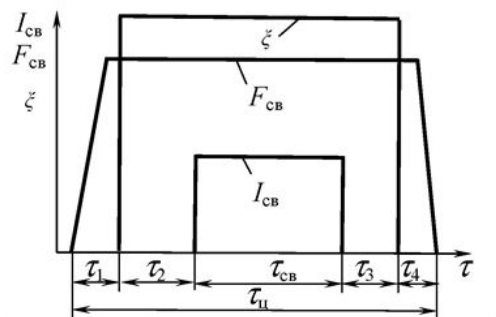
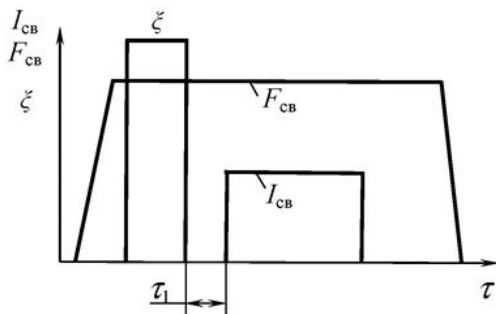
# СВАРКА СТАЛЕЙ С ОКАЛИНОЙ

## 3. Сварка с местной зачисткой металла со стороны электродов и нанесением электропроводного грунта с твердыми частицами.

Перед началом сварки в зону деталь–деталь в местах будущего расположения сварных точек наносится слой электропроводного грунта с частицами порошка мела, феррохрома или ферротитана. В местах контактов электродов со свариваемыми металлами производится механическая зачистка. При протекании сварочного тока твердые частицы порошка разрушают окалину и при включении сварочного тока являются микромостиками, по которым протекает ток. Применение этого способа позволяет снизить трудоемкость механической зачистки деталей перед сваркой.

## 4. Сварка с наложением ультразвуковых колебаний.

Процесс сварки осуществляется на машине для контактной точечной сварки с наложением ультразвуковых колебаний (УЗК) по следующим циклограммам.



В зону соединения вводятся ультразвуковые колебания высокой интенсивности. Ввод УЗК снижает контактные сопротивления участка электрод–электрод, облегчает работу электродов. Ультразвук способствует перераспределению искажений кристаллической решетки металла, измельчению структуры, уменьшению остаточных растягивающих напряжений и стабилизации прочностных показателей соединений.

### **5. Рельефно-точечная сварка.**

Рельефно-точечной сваркой можно получать нахлесточные соединения из листовых материалов с рельефами на одной из свариваемых деталей.

В процессе образования рельефа происходит частичное разрушение пленки окислов. Применение электродов с увеличенной контактной поверхностью снижает сопротивление участков электрод–деталь.

В зоне контакта деталь–деталь создаются условия для разрушения и вытеснения пленки окислов из зоны сварки. Качество соединений удовлетворительное, повышается стойкость электродов.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Стали с защитными покрытиями различного типа широко используются в штампосварных конструкциях. Покрытия увеличивают их долговечность, предохраняют от интенсивного развития коррозии. Некоторые типы покрытий одновременно придают и декоративный вид сваренному изделию.

В качестве покрытий используют цинк, свинец, олово, алюминий, кремний, хром, никель, медь и их сплавы. В последние годы в качестве покрытий применяют комбинированные многослойные материалы с использованием эпоксидной смолы и органических составляющих. Наличие покрытия изменяет величину контактных сопротивлений, что ведет за собой изменение условий получения сварных соединений.

В процессе точечной сварки электроды, контактируя с поверхностным покрытием, имеющим, как правило, меньшую температуру плавления, чем основной металл, покрываются слоем материала покрытия.

Сопротивление контакта электрод–деталь растет, необходимость в частой зачистке электродов возрастает.

Высокая температура металлов в месте контактов электрод–деталь приводит к увеличению пластических свойств материала покрытия, часто доводя его до расплавления. Разрушение покрытия снижает стойкость конструкции против коррозии.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

**Сварка оцинкованной стали.** Цинковое покрытие предохраняет поверхность стали от электрохимической коррозии на длительное время.

При сварке сталей с цинковыми покрытиями применяют повышенные по сравнению со сваркой сталей без покрытия величины тока и времени его протекания (на 20...40 %), повышенные усилия сжатия (с увеличением до 50 %). Причина этому – низкие контактные сопротивления и, как следствие, уменьшенное выделение теплоты в зоне сварки.

Процесс контактной точечной сварки оцинкованных сталей приводит к ухудшению антикоррозионных свойств покрытия в зоне сварки за счет расплавления цинкового покрытия (температура плавления 420 °С) и вытеснения его из зоны контакта электрод–деталь. Особенно заметен этот процесс при сварке сферическими электродами.

Рабочая поверхность электродов подвергается повышенному износу. В процессе сварки она загрязняется из-за массопереноса материала покрытия на рабочую поверхность электрода, что влечет за собой постепенное повышение контактных сопротивлений и температуры на участках электрод–деталь во время последующих циклов сварки.

В качестве рекомендаций для промышленного применения можно рекомендовать использовать интенсивное охлаждение электродов, например, жидкостью с низкой температурой замерзания, охлаждающейся в холодильной камере.

Хорошие результаты можно также получить при использовании рельефно-точечной сварки. Применение электродов с увеличенной рабочей поверхностью и их интенсивное охлаждение способствуют снижению плотности тока и температуры в контактах электрод–деталь. Работоспособность электродов при этом повышается.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

**Сварка освинцованной стали.** Этот материал применяется при изготовлении емкостей для хранения горючего. Чаще всего такая сталь применяется в автомобилестроении для изготовления бензобаков. Освинцованная сталь имеет покрытие, содержащее от 12 до 25 % олова (остальное – свинец). Олово добавляется для улучшения смачиваемости стали при нанесении покрытия.

PbSn-покрытие имеет низкую температуру плавления и прилипает к поверхности электрода легче, чем цинковое покрытие. Загрязнение контактной поверхности электродов происходит более интенсивно, поэтому требуется частая зачистка электродов. В контакте электрод–деталь покрытие разрушается. В зоне между сваренными листами условия для коррозии отсутствуют, т. к. вокруг литого ядра создается сплошной поясok из материала покрытия, который был вытеснен из зоны сварки и закристаллизовался.

При выборе параметров режима сварки надо ориентироваться на жесткие режимы с использованием с рабочей стороны изделия электрода с увеличенной контактной поверхностью. Применяется увеличенное время проковки, интенсивное охлаждение электродов. Последние должны изготавливаться из материалов с высокой электро- и теплопроводностью. Зачистка их производится после выполнения 800...1200 точек. Хорошие результаты, как и при сварке оцинкованных сталей, дает применение рельефно-точечной сварки.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

**Сварка металла с защитным алюминиево-кремниевым покрытием.** В связи с введенными ограничениями на содержание свинца в компонентах автомобилей, поставляемых в страны ЕС, в качестве защитного покрытия при изготовлении топливных баков автомобилей началось применение AlSi-покрытия. Металлы с таким покрытием сваривают как точечной, так и шовной сваркой.

При выполнении сварных соединений происходит повышенный массоперенос металла покрытия на поверхность электродов и образование под воздействием высоких температур интерметаллидов на контактной поверхности электродов. Вследствие этого изменяется форма рабочей поверхности электродов и термомеханический цикл сварки. Увеличивается площадь контакта деталь–деталь, снижается давление на единицу поверхности, что приводит к значительному снижению плотности сварочного тока. Уменьшаются размеры литого ядра, возможно появление полного непровара и нарушение герметичности.

При точечной сварке требуется частая зачистка электродов. Ее осуществляют после выполнения 400...500 точек. При шовной сварке устанавливают устройства, дополнительно зачищающие и одновременно формирующие рабочую поверхность электродов, а также используют промежуточные электроды. В качестве промежуточного электрода используют проволоку из холоднокатаной меди с заданным профилем.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

**Сварка металла, покрытого композитными защитными покрытиями.** Наиболее широко распространена сталь с названием «цинкрометалл». Покрытие ее состоит из двух составляющих: цинкромет ( раствор цинка в эпоксидной смоле ) толщиной 10...20 мкм и дакромет (дисперсия цинка в водном растворе хромовой кислоты) толщиной 2...5 мкм. Покрытие может быть одно- и двухсторонним. Материал обладает хорошими антикоррозионными свойствами и применяется в автомобиле- и сельхозмашиностроении. Сварка сталей с таким покрытием характеризуется такими же особенностями, как и сварка оцинкованных сталей, хотя стабильность процесса сварки цинкрометалла выше. Данное покрытие в меньшей степени загрязняет контактную поверхность электродов и обладает повышенным по сравнению с цинковым покрытием электросопротивлением. К недостаткам использования таких покрытий следует отнести ухудшение условий труда сварщика из-за образования аэрозолей в местах сварки за счет расплавления эпоксидной составляющей слоя покрытия.

Сварку осуществляют двумя импульсами тока. Первый импульс небольшой величины расплавляет цинкромет, и под действием усилия сжатия происходит его удаление из зоны контакта деталь—деталь и электрод—деталь. Второй сварочный импульс пропускают для образования сварной точки. Со стороны электродов покрытие выгорает, поэтому места постановки точек после сварки требуют восстановления антикоррозионных свойств.

В процессе сварки изменяется форма рабочей части электродов, увеличивается их контактная поверхность, что приводит к уменьшению плотности тока и снижению диаметра сварной точки.

Дым, выделяющийся в результате сгорания эпоксидной составляющей слоя покрытия, необходимо отсасывать через соответствующее устройство.

# СВАРКА ДЕТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Среди современных дисперсионно-упрочненных композиционных материалов (ДУКМ) большое распространение получают сплавы алюминия, армированные высокопрочными керамическими тугоплавкими частицами SiC с высокой энергией межатомных связей. ДУКМ имеют ряд преимуществ перед алюминием: повышенные (на 15...30 %) прочность и износостойкость (в 2...3 раза), более низкий (в 1,5...2 раза) температурный коэффициент линейного расширения. ДУКМ хорошо штампуются, прессуются и прокатываются.

В качестве матричных материалов в ДУКМ применяются сплавы АД33, АМг6, Д16 и др. Упрочняющая фаза (SiC) позволяет сохранять работоспособность композиционного материала до температуры, равной  $(0,9...0,94) T_{пл}$  алюминия. Средний диаметр частиц SiC находится в пределах 2...20 мкм.

Свариваемость ДУКМ затруднена, поскольку высокотемпературный сварочный нагрев может вызвать в композите не только потерю свойств исходного упрочненного материала, но и охрупчивание зоны соединения.

Для соединения ДУКМ между собой, а также ДУКМ с алюминиевым сплавом Д16 контактная точечная сварка применяется наряду с другими способами. Сварку осуществляют на машинах для конденсаторной сварки электродами со сферической поверхностью. Подготовку поверхностей деталей перед точечной сваркой выполняют химическим травлением или механической зачисткой.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?**