

КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ  
по дисциплине

**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ  
СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ»**

лекция №4

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., доцент кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ №4

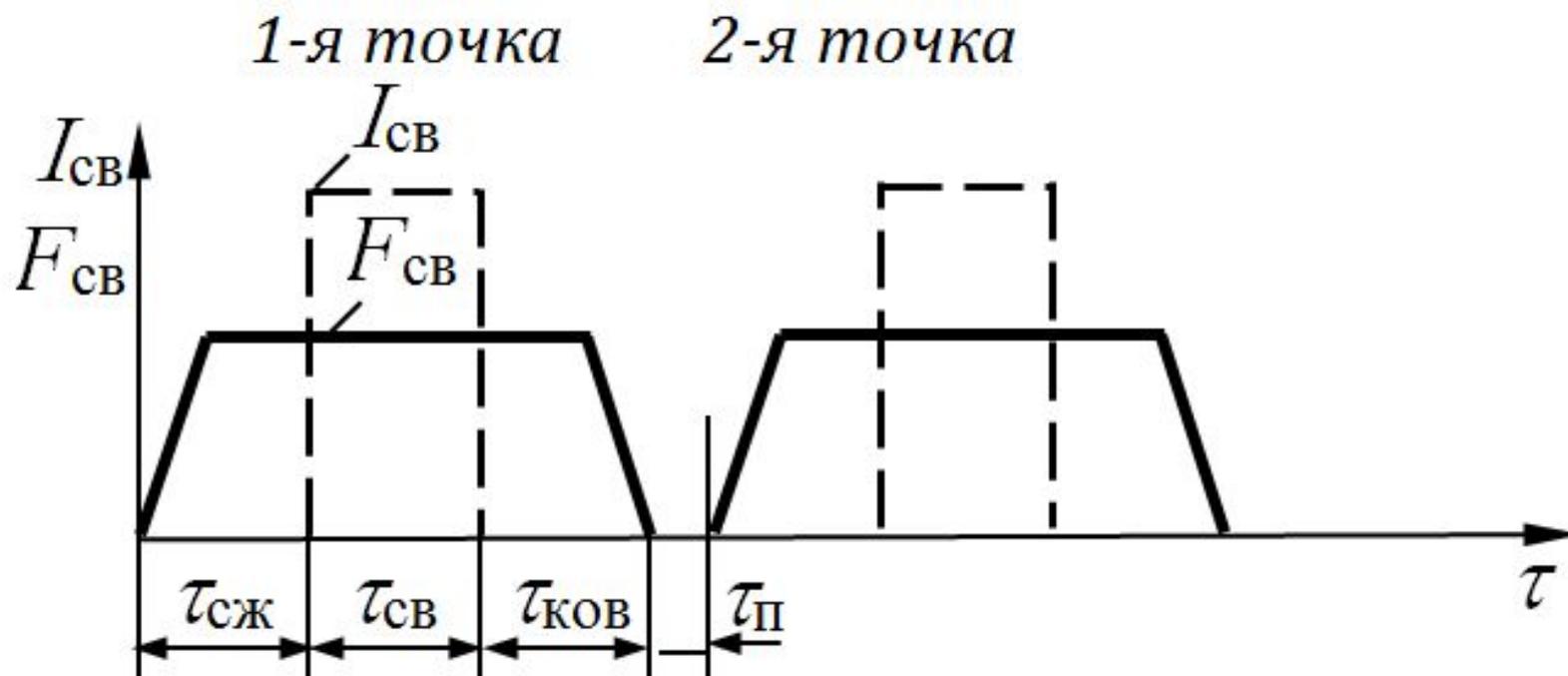
**Тема 4 .** Формирование соединений при контактной точечной сварке

- Циклограммы процессов точечной сварки
- Этапы образования соединения
- Основные и сопутствующие процессы при образовании соединений.
- Роль пластических деформаций в образовании соединений.
- Роль проковки в снижении остаточных напряжений и повышении прочности соединений

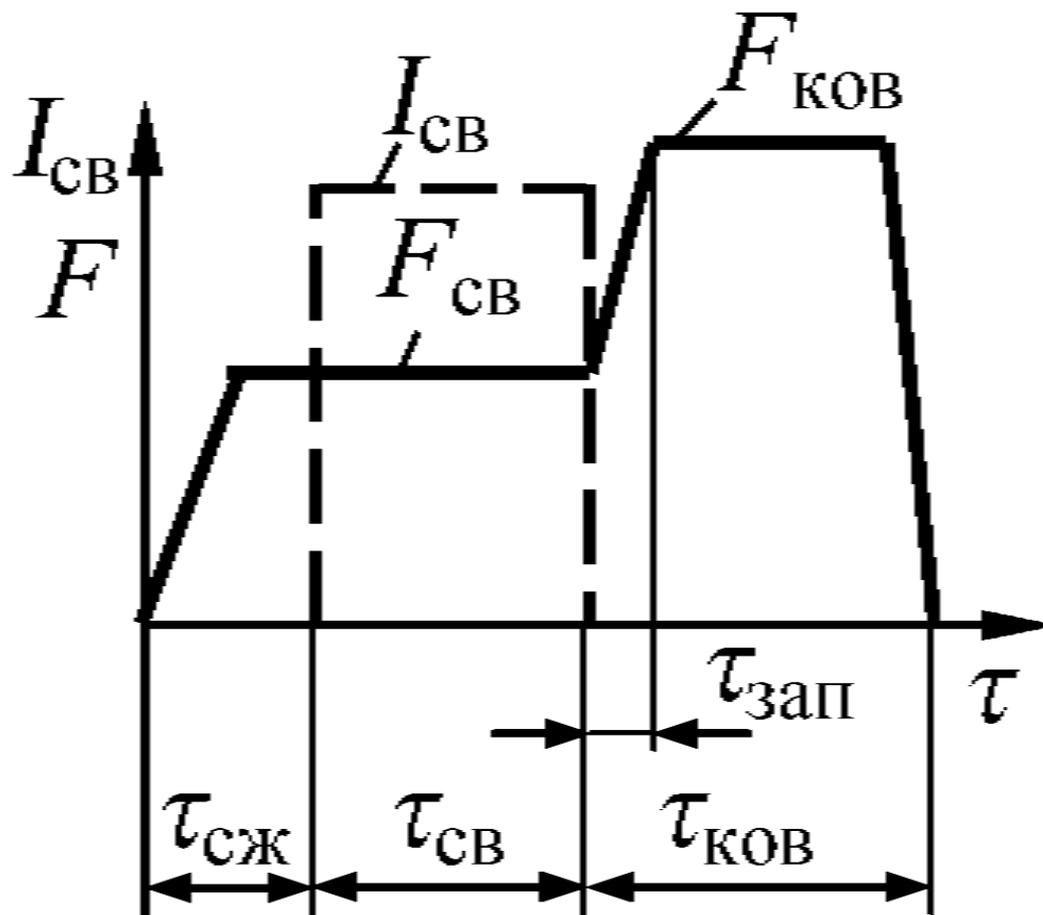
## Циклограммы процессов точечной сварки

Контактная точечная сварка – разновидность контактной сварки, при которой соединение в виде точки образуется за счёт тепла, выделяющегося в деталях при протекании тока между торцами сжатых усилием электродов.

На практике в зависимости от свойств свариваемых материалов, их толщины, конструкции и ответственности изделий применяют, в основном, три разновидности циклограмм процессов точечной сварки.

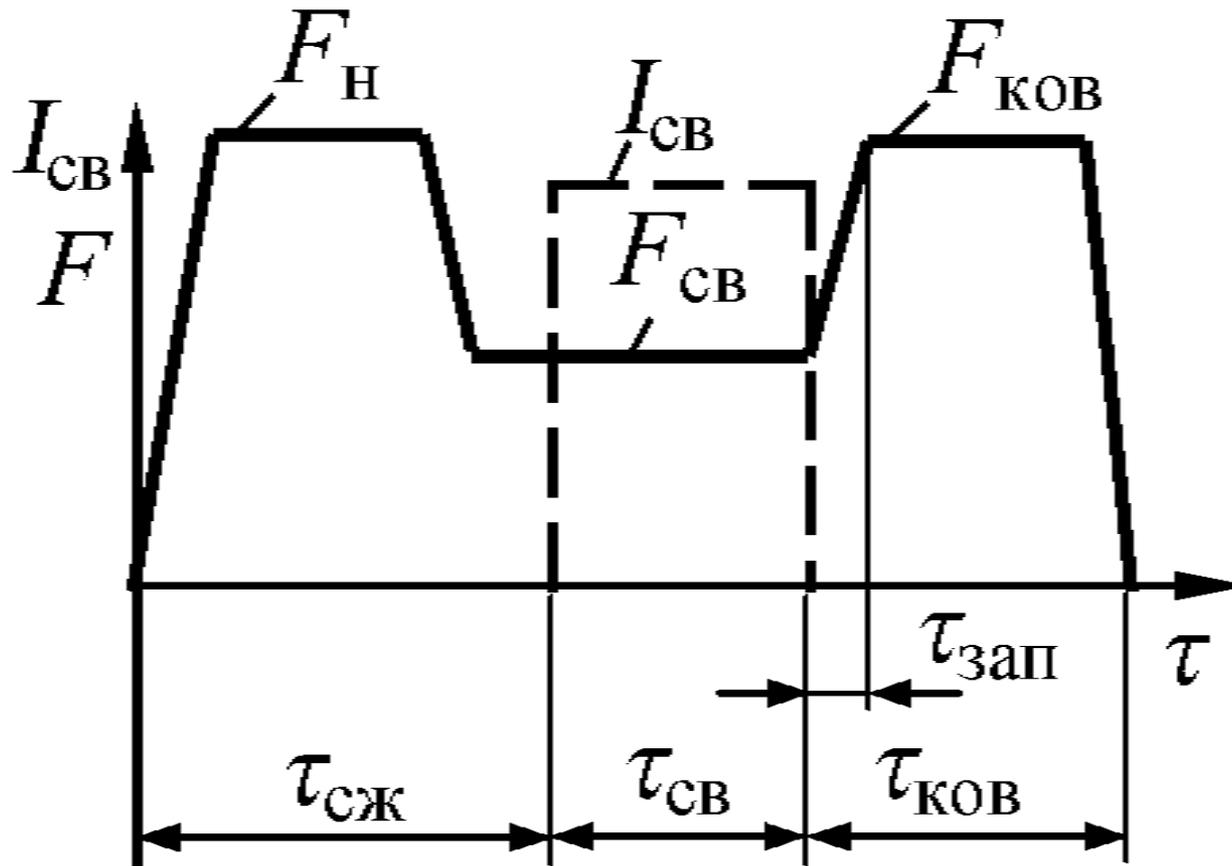


А) Циклограмма с постоянным усилием сжатия



Б) Циклограмма с повышенным ковочным усилием. Применяется при сварке деталей толщиной выше 2+2 мм, сварки Al и его сплавов.

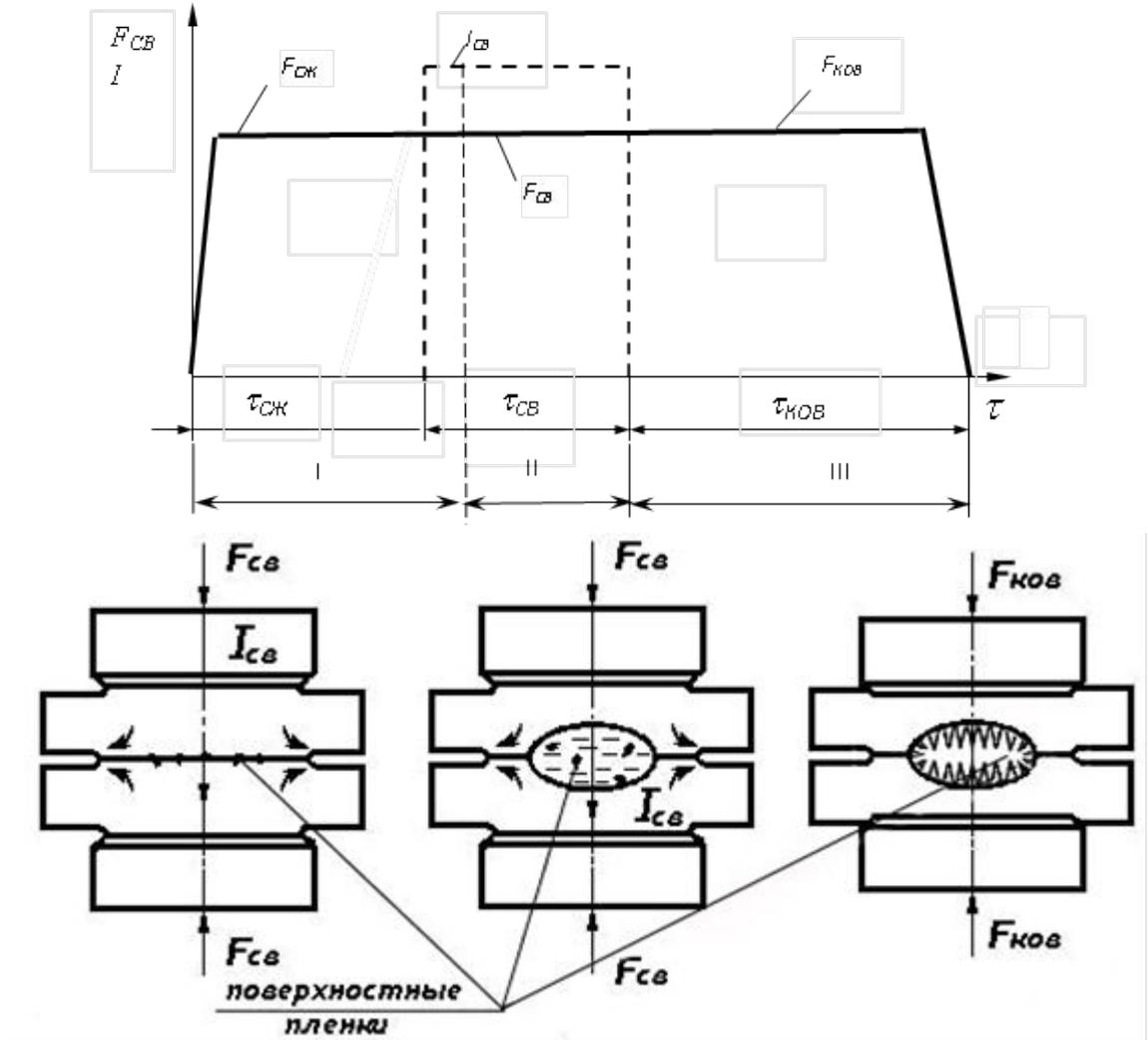
Будет 6. 25...



В) Циклограмма с повышенным усилием предварительного сжатия и ковочным усилием. Для устранения зазоров и предупреждения начальных выплесков, а также при сварке с предварительно нанесенным жидким покрытием (клей, электропроводный лак, грунт, герметик) применяют циклограмму

# Этапы образования соединения

Рассмотрим этапы формирования соединения на примере точечной сварки низкоуглеродистой стали Ст3 толщиной 1,0 + 1,0 мм со следующими параметрами режима:  $I_{CB} = 9,5 \text{ кА}$ ,  $t_{CB} = 0,2 \text{ с}$ ,  $F_{CB} = 3,0 \text{ кН}$ . Процесс формирования соединений можно условно разделить на три этапа.



Рассмотрим этапы формирования соединения на примере точечной сварки низкоуглеродистой стали Ст3 толщиной 1,0 + 1,0 мм со следующими параметрами режима:  $I_{CB} = 9,5$  кА,  $\tau_{CB} = 0,2$  с,  $F_{CB} = 3,0$  кН. Процесс формирования соединений можно условно разделить на три этапа.

Первый этап начинается с момента приложения усилия сжатия  $F_{СЖ}$  к электродам и служит для устранения зазоров между деталями и предупреждения наружных и внутренних выплесков. На этом этапе происходит формирование электрического контакта, сопровождающегося разрушением поверхностных оксидных пленок и уменьшением контактных сопротивлений. Этап I заканчивается в момент появления в контакте деталь–деталь расплавленного металла.

Этап II характеризуется дальнейшим повышением температуры и снижением предела текучести свариваемого металла в контакте электрод-деталь, расплавлением металла и образованием ядра. Происходит перемешивание расплавленного металла, удаление поверхностных пленок и образование металлических связей в жидкой фазе. Интенсивное тепловое расширение металла межэлектродной зоны компенсируется протекающим параллельно процессом пластической деформации. Нагретый металл деформируется преимущественно в зазор между деталями, образуя пластический поясok для удержания расплавленного металла от выплеска. На этом этапе глубина вмятины от электродов растет наиболее интенсивно.

Этап III начинается с момента выключения сварочного тока. На стадии охлаждения происходит кристаллизация металла зоны соединения и уменьшение его объема.

К основным процессам относят:

1. Нагрев, расплавление и кристаллизацию металла;
2. Пластическая деформация металла зоны сварки;
3. Перемешивание расплавленного металла и удаление оксидной пленки.

К числу сопутствующих процессов относят:

1. Тепловое расширение металла, связанное с диламетрическим эффектом;
2. Образование остаточных напряжений. Трехосные растягивающие напряжения образуются после кристаллизации металла и приводит к значительному снижению работоспособности сварных точек (особенно при переменных нагрузках).

## Роль пластических деформаций в образовании соединений.

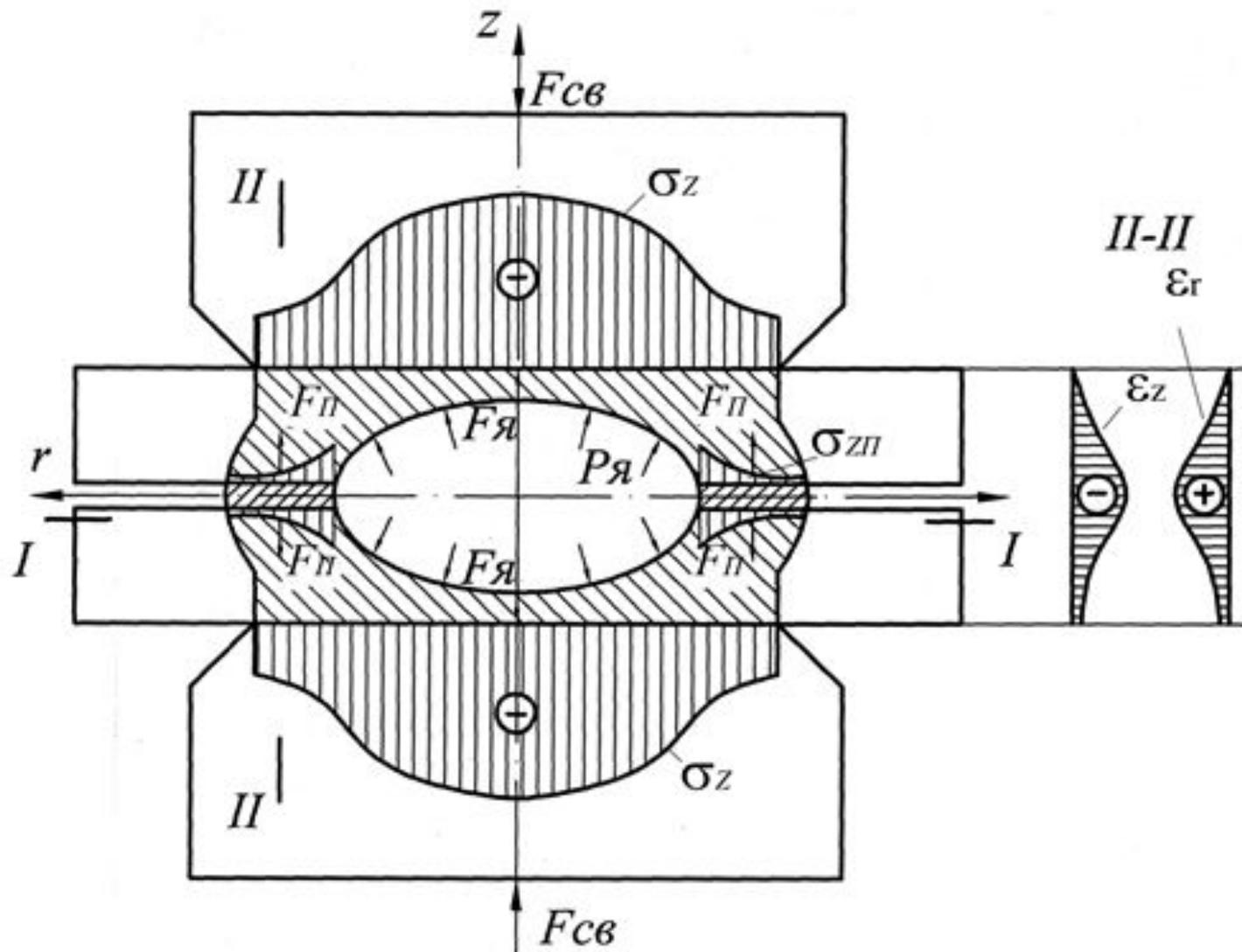
Основная роль пластической деформации заключается в формировании электрических контактов, образовании пластического пояса для удержания расплавленного металла от выплеска и уплотнении металла на стадии проковки и охлаждения.

В зависимости от объема деформируемого металла различают микропластическую деформацию поверхности контакта и объемную пластическую деформацию металла зоны сварки.

Микропластическая деформация идет на протяжении I и II этапов формирования соединения и способствует формированию электрических контактов между электродом и деталями.

Нагрев деталей сопровождается увеличением объема металла зоны сварки из-за дилатометрического эффекта. При плавлении объем металла также увеличивается на 8...10 % относительно начального. В условиях точечной сварки увеличение объема металла зоны сварки происходит преимущественно в осевом направлении, т. к. его возрастание в радиальном направлении сдерживается более холодной массой соседних участков металла.

Наибольшая степень пластической деформации наблюдается в области пластического пояса. При этом внутренняя граница металла пояса имеет температуру, близкую к температуре плавления, а внешняя граница – соответственно меньшую температуру. Увеличение интенсивности отвода теплоты от свариваемых деталей в электроды позволяет снижать деформации.

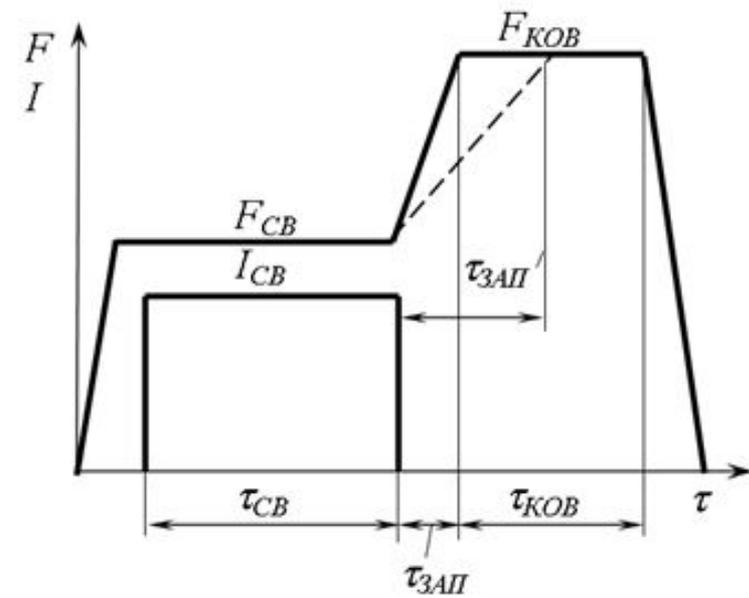


## Роль проковки в снижении остаточных напряжений и повышении прочности соединений

Чтобы уменьшить скорость зарождения и распространения усталостной трещины, необходимо в околосварочной зоне (в зоне пластического пояска) снизить величину растягивающих остаточных напряжений. Для этого при сварке многих материалов рекомендуется сварка с увеличенным ковочным усилием. Обычно  $F_{\text{КОВ}} = (2 \dots 3) F_{\text{СВ}}$ .

Установлено, что, например, при сварке низкоуглеродистых сталей с применением увеличенного ковочного усилия значительного снижения остаточных напряжений можно достичь при:

- применении максимально жестких режимов сварки;
- приложении ковочных усилий мгновенно после отключения сварочного тока или с запаздыванием  $t_{\text{зап}}$ , не превышающим время, за которое температура металла периферии точки снизится до 700...800 °С;
- приложении ковочного усилия по периферии сварной точки, а также использовании сварочных электродов со сферической рабочей поверхностью;
- выдержке ковочного усилия до момента достижения в сварной точке температуры 300 °С.



Если время достижения величины увеличенного ковочного усилия будет велико и равно, например,  $\tau_{зап}'$  ( $\tau_{зап}' > \tau_{зап}$ ), то к моменту приложения повышенного  $F_{КОВ}$  сварная точка может закристаллизоваться. В этом случае проковка не окажет положительного воздействия, снижения растягивающих напряжений не произойдет.

Длительность приложения ковочного усилия  $\tau_{КОВ}$  должна быть достаточной для перераспределения остаточных напряжений.

При сварке низкоуглеродистых сталей толщиной свыше 2 + 2 мм время запаздывания приложения усилия проковки  $\tau_{зап}'$ , отсчитываемое от момента выключения сварочного тока до момента достижения максимального значения усилия проковки, может быть определено по выражению

$$\tau_{зап}' \leq 0,016\delta / (\delta / A + 0,035)$$

При сварке низкоуглеродистых сталей минимальное время проковки

$$\tau_{КОВ} = 0,08\delta / (0,38\delta / A + 0,035) \quad A = 0,1d_{я}^2 + d_{я} \sqrt{\tau_{CB}} + 12\tau_{CB}$$

где  $d_{я}$  — диаметр литого ядра, мм.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?**