

Лекция № 15

Сварные и заклепочные соединения.

Понятия о сварных и заклепочных соединениях. Области применения, классификация. Конструкция сварных соединений и их расчет. Заклепочные соединения. Классификация, конструкция, технология производства и область применения заклепочных соединений. Расчет заклепочных соединений.

. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Заклепочные соединения – наиболее старинная разновидность неразъемных соединений. Конструктивно заклепочное соединение сравнительно просто (рис. 15.1) и его выполнение осуществляется следующим образом. В совмещенные отверстия соединяемых деталей вставляют заклепку, которая представляет собой цилиндрический стержень с закладной головкой. Затем, осаживая (заклепывая) выступающий конец заклепки, образуют вторую замыкающую головку. Заклепки стандартизованы для диаметров d до 37 мм, причем каждому d соответствует несколько нормальных длин l . Диаметр отверстия под заклепку d_0 делается на 0.5–1.0 мм больше диаметра заклепки.

Клепку (осаживание стержня) можно производить вручную или машинным способом (пневматическими молотками, прессами и т.п.). При диаметре стальных заклепок до 12 мм применяют холодную клепку, при большем диаметре стержень частично или полностью нагревают.

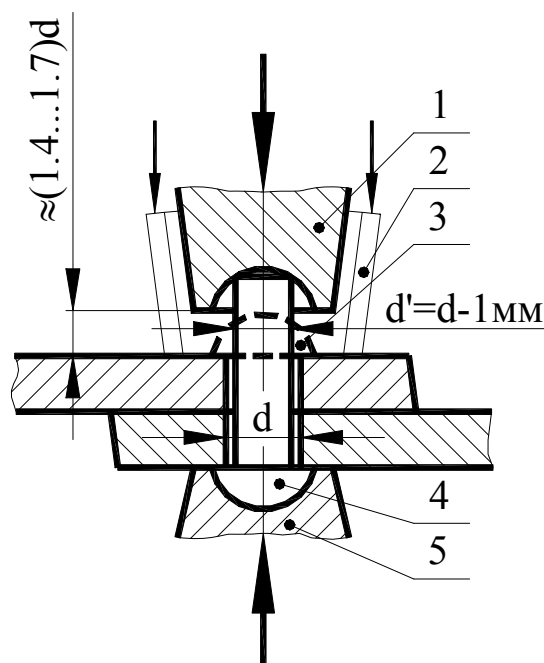


Рис. 15.1. Заклепочное соединение

Заклепки изготовляют, как правило, из пластичных материалов (сталь 2, 3, 10, 15, латунь, медь, алюминий), легко деформируемых в процессе клепки. Во избежание электрохимической коррозии заклепки ставят из того же материала, что и соединяемые детали.

Достоинства:

хорошо работают в конструкциях, подверженных резко выраженной вибрационной нагрузке (корпуса самолетов и др.);

в соединениях из трудносвариваемых металлов или материалов, не допускающих нагрева и последующего коробления при сварке.

Недостатки:

большой расход металла;

повышенная трудоемкость.

Увеличение расхода металла связано с наличием отверстий в соединяемых элементах и большим весом заклепок и накладок. Трудоемкость соединения обусловлена необходимостью выполнения дополнительных операций (разметка, пробивка или сверление отверстий) и сложностью технологии процесса клепки.

В современном машиностроении заклепочные соединения постепенно вытесняются более прочными и технологичными – сваркой и склеиванием.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В зависимости от конструкции соединения применяют различные типы заклепок: с полукруглой головкой, с потайной головкой, с полупотайной головкой, полые.

По назначению заклепочные соединения принято разделять на следующие группы:

а) прочные, обеспечивающие прочность, – применяются в металлоконструкциях (фермы, рамы и т.п.);

б) прочноплотные, обеспечивающие прочность и герметичность, – применяются в котлах и резервуарах.

По конструктивному признаку различают однорядные и многорядные, односрезные и многосрезные, нахлесточные и стыковые с накладками заклепочные соединения.

Соответствующие рекомендации по проектированию заклепочных соединений приведены в справочной литературе.

РАСЧЕТ ПРОЧНЫХ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Основным критерием работоспособности таких соединений является прочность.

Разрушение заклепочных соединений происходит вследствие следующих причин:

срез заклепок;

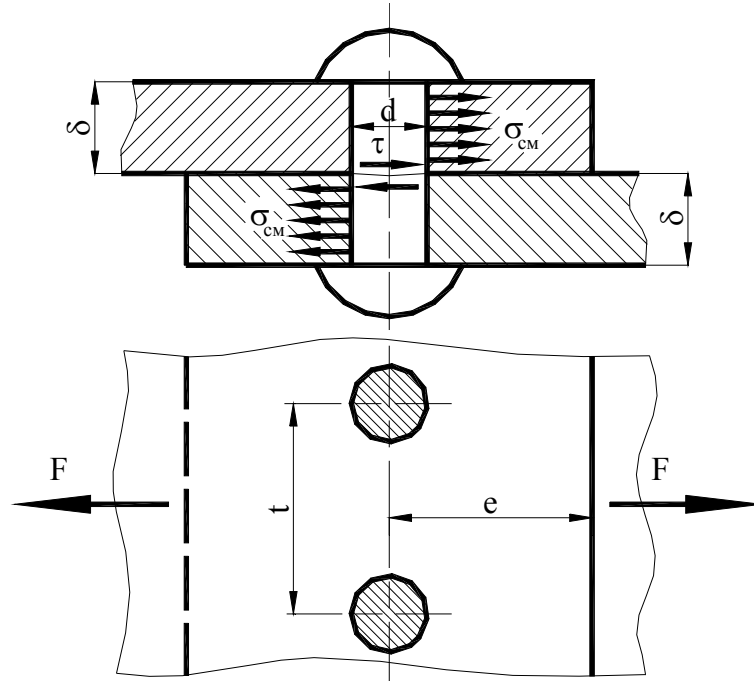
смятие отверстий деталей, в результате чего возникает перекосящий внецентренное растяжение, из-за чего может произойти отрыв головок заклепок;

разрыв соединяемых деталей по сечению, ослабленному отверстиями под заклепки;

срез соединяемых деталей по двум сечениям (рис. 15.2).

В процессе клепки материал заклепки осаживается и заполняет отверстие, поэтому расчет ведут по диаметру отверстия под заклепку.

Расчет заклепок на срез:



$$\tau = \frac{F}{zA_{cp}} \leq [\tau]$$

Рис. 15.2. Напряжения в заклепочном соединении

где F – действующая сила; $A_{cp} = \frac{i\pi d_o^2}{4}$ – площадь среза; i – число плоскостей среза; z – число заклепок; d_o – диаметр отверстия под заклепку; $[\tau]$ – допускаемое напряжение.

Расчет соединения на смятие:

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{A_{cm}} \leq [\sigma_{cm}]$$

где $A_{cm} = \delta_{min} d_o$; δ_{min} – меньшая из толщин соединяемых деталей; $[\sigma_{cm}]$ – допускаемое напряжение.

Расчет соединяемых деталей на растяжение:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} \leq [\sigma_p]$$

где $A_p = (t - d_o)\delta_{min}$.

Прочность соединяемых деталей на срез:

$$\tau'_{\text{ср}} = \frac{F}{zA'_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}]$$

где

$$A'_{\text{ср}} = \frac{2(e - d_o)\delta_{\text{min}}}{2}$$

(здесь длина сечения уменьшается на $d_o/2$, так как вначале материал сминается на эту величину и лишь затем происходит срез).

Из условия равнопрочности соединений принимают шаг заклепок $t = (3 - 6)d$, расстояние между рядами заклепок берется равным $(2 - 3)d$, где d – диаметр заклепки.

Сварные соединения

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Сварным называется неразъемное соединение, выполненное сваркой, т. е. путем установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагревании или пластическом деформировании.

Сварные являются наиболее распространенными и совершенными из всех неразъемных соединений.

Достоинства:

лучше других обеспечивают условия равнопрочности;

герметичность конструкции;

малая трудоемкость;

легкость механизации и автоматизации процесса сварки;

невысокая масса и стоимость конструкции. Замена клепаных конструкций сварными уменьшает их массу до 25%, а замена литых конструкций сварными экономит до 30% и более металла.

Недостатки:

недостаточная надежность при ударных и вибрационных нагрузках;

коробление деталей в процессе сварки;

концентрация напряжений;

невозможность сварки закаленных соединений;

зависимость качества соединения от квалификации сварщика при ручной сварке;

сложность проверки качества соединений.

Существует две группы сварки: сварка плавлением и сварка давлением. В машиностроении наиболее распространена дуговая сварка, при которой нагрев осуществляется электрической дугой.

Свариваемость материалов характеризуется их склонностью к образованию трещин при сварке и механическими свойствами соединения. Хорошей свариваемостью обладают низкоуглеродистые стали, плохой – высокоуглеродистые стали и чугуны.

ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ШВОВ

В зависимости от взаимного расположения свариваемых элементов различают следующие виды сварных соединений: стыковые, нахлесточные, тавровые и угловые. Шов стыкового сварного соединения называется стыковым, а швы нахлесточного, углового и таврового соединений называют угловыми.

Стыковые соединения – наиболее простые, надежные и экономичные конструкции, поэтому они получили наибольшее распространение. Различают соединения без разделки кромок (толщина свариваемых деталей ≤ 8 мм) (рис. 15.1а), с V-образной разделкой кромок (≤ 25 мм) (рис. 22.1б), с К-образной разделкой кромок (≤ 40 мм) (рис. 15.1в), с X-образной разделкой кромок (≤ 60 мм) (рис. 15.2г). Рекомендуются в конструкциях, подверженных вибрационным нагрузкам. Эти соединения выполняют стыковыми швами (рис. 22.2а). Выпуклость (наплыв металла) стыкового шва увеличивает концентрацию напряжений в зоне шва, поэтому в ответственных соединениях ее удаляют механическим способом. Во всех случаях сваренные встык детали почти полностью заменяют цельные. Геометрической характеристикой стыкового шва является толщина свариваемых деталей δ .

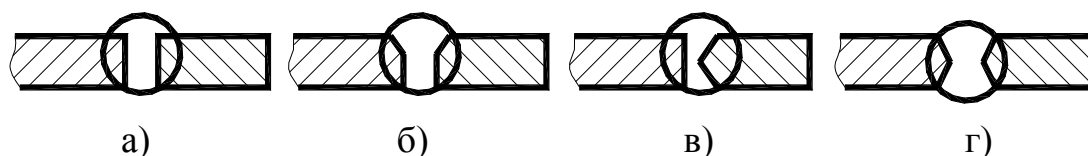


Рис. 15.1. Виды стыковых соединений

Нахлесточные соединения (см. рис. 15.2б) выполняют угловыми швами. В зависимости от формы поперечного сечения различают угловые швы: нормальные, выпуклые, вогнутые. На практике наиболее распространены нормальные швы, имеющие в поперечном сечении форму равнобедренного треугольника.

Различают швы лобовые и фланговые, расположенные соответственно перпендикулярно и параллельно линии действия нагрузки (рис. 15.3а); кроме того, бывают косые швы, а также комбинированные (сочетание лобовых и фланговых).

Тавровые и угловые соединения могут образовываться как угловыми (рис. 22.4а, в), так и стыковыми швами (рис. 15б, г).

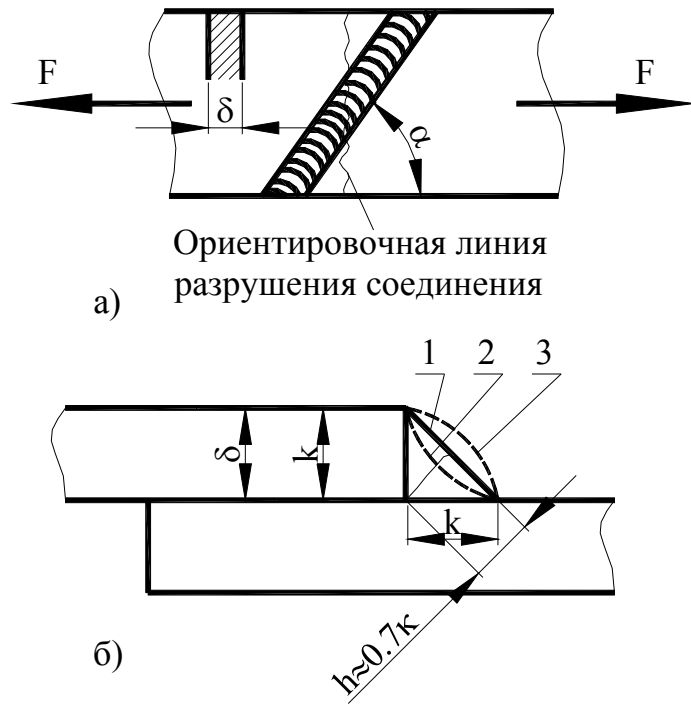


Рис. 15.2. Сварные швы

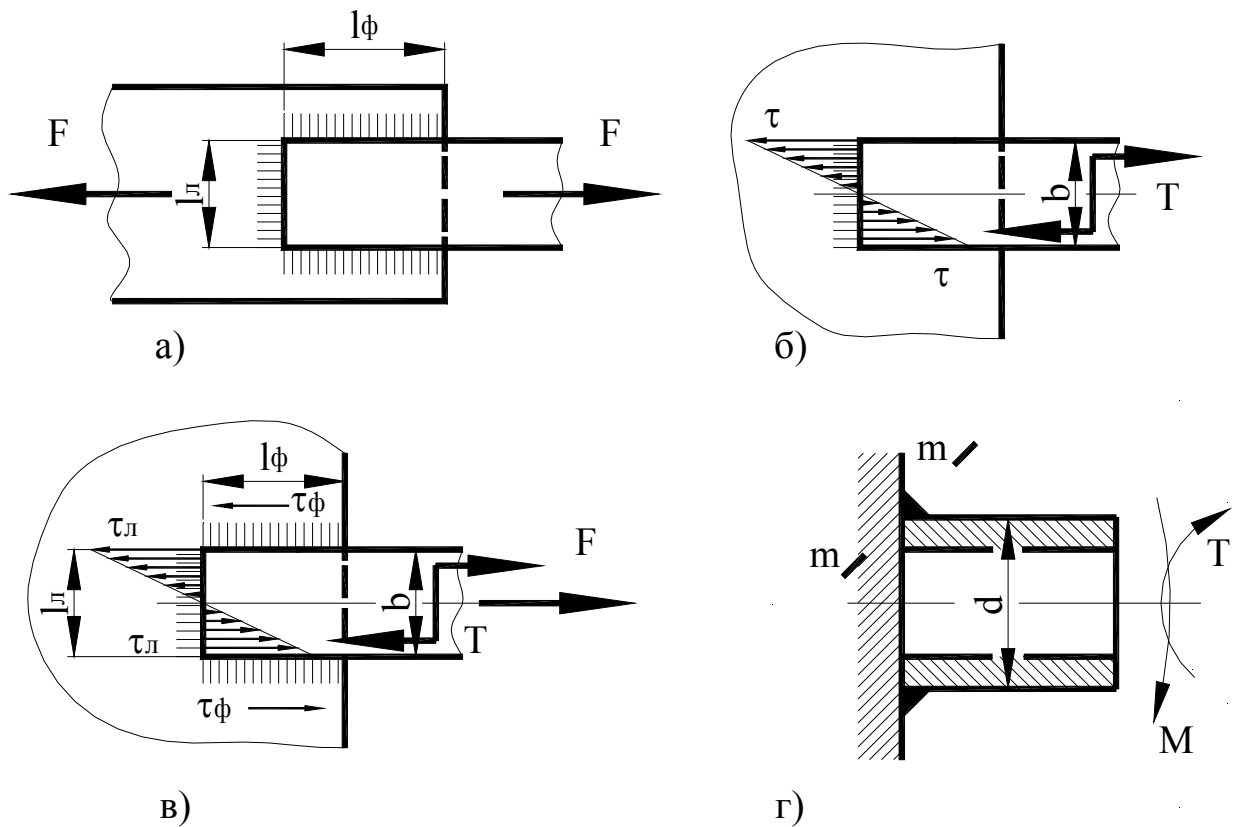


Рис. 15.3. Виды нагружения сварных соединений

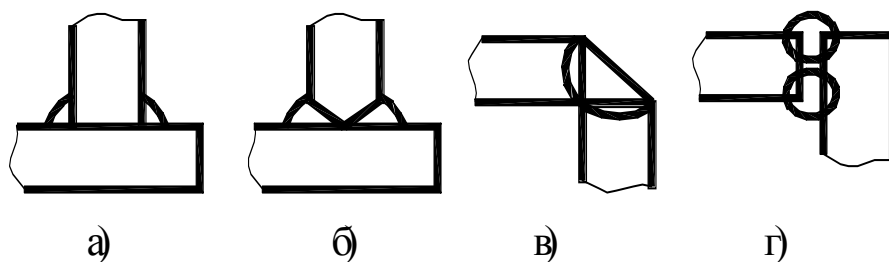


Рис. 15.4. Тавровые и угловые соединения

. РАСЧЕТ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Основным критерием работоспособности сварных соединений является прочность.

Расчет стыковых соединений производится по нормальному напряжению растяжения или сжатия по нормальному сечению соединяемых элементов без учета выпуклости шва:

$$\sigma' = \frac{F}{\delta L} \leq [\sigma'],$$

где δ – толщина соединяемых элементов; L – длина шва; $[\sigma']$ – допускаемое напряжение металла шва для принятой технологии сварки.

Основным геометрическим и расчетным параметром угловых швов является катет K (если катеты шва не равны, то шов характеризуют меньшим катетом). В большинстве случаев катет шва принимают равным толщине соединяемых деталей (см. рис. 22.2б).

Расчет угловых швов производится по касательным напряжениям сдвига в опасном сечении, расположенном в биссекторной плоскости прямого угла, без учета выпуклости шва:

$$\tau' = \frac{F}{0.7kL} \leq [\tau'],$$

где $0.7k = k \cdot \sin 45^\circ$ – высота опасного сечения шва; L – суммарная длина швов; $[\tau']$ – допускаемое напряжение металла шва для принятой технологии сварки. Приведенные расчетные формулы пригодны для швов сварных конструкций, нагруженных осевыми силами, но не моментами (см. рис. 22.3б–г).

ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Допускаемые напряжения для сварных швов принимают в зависимости от допускаемых напряжений на растяжение для основного металла с учетом характера действующих нагрузок и принятой технологии сварки. Ориентировочно для стальных конструкций при статической нагрузке

$$[\sigma'_p] = (0.9 - 1)[\sigma_p],$$

$$[\sigma'_{сж}] = [\sigma_p],$$

$$[\tau'] = (0.6 - 0.65)[\sigma_p].$$

Здесь $[\sigma_p] = \sigma_p/[s]$; σ_p – предел текучести основного материала; $[s]$ – допустимый коэффициент запаса прочности, $[s] = 1.35 - 1.7$ (большие значения для легированных сталей).

Для переменных нагрузок допускаемые напряжения понижают с учетом характеристики цикла напряжений, эффективного коэффициента концентрации напряжений в сварных швах, числа циклов нагружения и других факторов.

Максимальную длину лобового и косого швов не ограничивают; длину фланговых швов следует принимать не более $60K$ (где K – катет шва) во избежание значительной неравномерности распределения нагрузки по длине шва.

Минимальная длина шва не менее 30 мм, а иначе неизбежные дефекты (непровар в начале шва и образование кратера в конце шва) значительно снижают его прочность. Учитывая этот факт, короткие швы следует удлинить на 5–10 мм против расчетной величины. Величина перекрытия соединяемых элементов в нахлесточных соединениях не должна быть меньше четырехкратной толщины материала. Швы в конструкциях следует располагать так, чтобы они были нагружены равномерно.