

СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В процессе изготовления машины некоторые ее детали соединяют между собой, при этом образуются неразъемные или разъемные соединения.

Неразъемными называют соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относятся заклепочные, сварные и клеевые соединения. Разъемными называют соединения, которые можно разбирать и вновь собирать без повреждения деталей. К разъемным соединениям относятся резьбовые, шпоночные, зубчатые (шлицевые) и др.

1 Заклепочные соединения

Конструкция соединения. Заклепочный шов образуют заклепки и склепываемые детали, выполненные в большинстве случаев из листового материала или профилей проката (рис. 1).

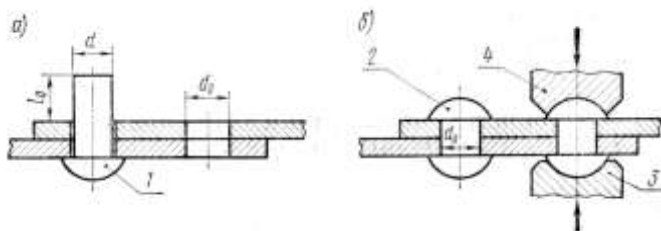


Рисунок 1 - Образование заклепочного шва: *a* - закладка заклепки; *б* - клепка; 1 - закладная головка; 2 - замыкающая головка; 3 - поддержка; 4 - обжимка

Отверстия под заклепки в деталях продавливают или сверлят. При продавливании образуются мелкие трещины по периферии отверстий, которые могут быть причиной разрушения заклепочного шва во время работы. Продавленные отверстия применяют в малоответственных конструкциях.

Сверление - процесс малопроизводительный и дорогой. Сверленные отверстия применяют в конструкциях, где требуется высокая надежность. При больших диаметрах отверстий практикуют продавливание с последующим рассверливанием. Диаметры отверстий d_0 под заклепки принимают в зависимости от диаметра заклепки d (табл. 1) Для образования замыкающей головки выступающий конец заклепки (рис. 1, *a*) должен выходить из отверстия детали на длину $l_0 \approx 1.5 \cdot d_0$.

Клепку производят на клепальных машинах (прессах) или вручную (пневматическими молотками). Сначала происходит осадка стержня, зазор между заклепкой и отверстием заполняется, после чего образуется замыкающая головка (рис. 1, *б*). Стальные заклепки диаметром до 12 мм можно ставить холодным способом, то же относится к заклепкам из цветных металлов и сплавов.

Таблица 1

Диаметры отверстий под заклепки

| Диаметр заклепки d , мм | Диаметр отверстия d_0 , мм | | Диаметр заклепки d , мм | Диаметр отверстия d_0 , мм | |
|---------------------------|------------------------------|---------------|---------------------------|------------------------------|---------------|
| | Машино- и станко-строение | Грубая сборка | | Машино- и станко-строение | Грубая сборка |
| 6 | 6,5 | 6,7 | 12 | 13,0 | 13,0 |
| 8 | 8,5 | 8,7 | 16 | 16,5 | 17,0 |
| 10 | 10,5 | 11 | 20 | 21,0 | 21,0 |

При горячем способе стальные заклепки нагревают до светло-красного каления. Этот способ обеспечивает более высокое качество заклепочного шва, так как заклепки укорачиваются при остывании и стягивают детали, создавая на стыке их поверхностей большие силы трения, препятствующие относительному сдвигу деталей при действии нагрузок.

Форма головки заклепки выбирается в зависимости от назначения заклепочного шва и определяет

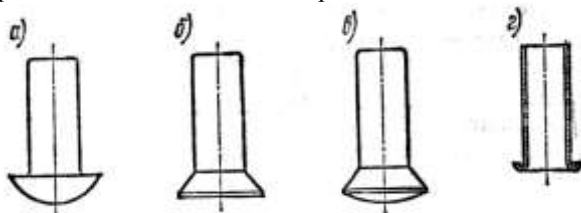


Рисунок 2 - Основные типы заклепок: *a* - с полукруглой головкой; *б* - с потайной головкой; *с* - полупотайной головкой; *д* - трубчатая

тип заклепки. Наибольшее применение имеют заклепки с полукруглыми головками (рис. 2, а). Заклепки с потайными головками (рис. 2, б) применяют тогда, когда конструктивно недопустимы выступы головок. Трубочатые заклепки (рис. 2, в) применяют в слабонагруженных металлических соединениях, а также в соединениях неметаллических материалов (фибра, текстолит и др.). Замыкающая головка трубочатой заклепки получается развальцовкой свободного конца. Все заклепки стандартизированы.

В зависимости от назначения заклепочные швы бывают:

1. *Прочные*, обеспечивающие основной критерий работоспособности - прочность. Применяются в металлоконструкциях (фермы, рамы и др.);

2. *Плотные*, обеспечивающие прочность и герметичность. Применяются в различных резервуарах. В настоящее время плотные заклепочные швы заменяют сварными соединениями. В зависимости от взаимного расположения склепываемых деталей различают заклепочные швы *внахлестку* (рис. 3) и *встык*, с одной (рис. 4) или с двумя (рис. 5) накладками.

В зависимости от числа рядов заклепок швы бывают однорядные (см. рис. 3) и многорядные (см. рис. 4 и 5). Для швов встык число рядов учитывается по одну сторону стыка.

В зависимости от расположения заклепок в рядах различают швы параллельные (см. рис. 4) и шахматные (см. рис. 5).

В зависимости от числа плоскостей среза одной заклепки швы делят на односрезные (см. рис. 3 и рис. 4) и двухсрезные (см. рис. 5).

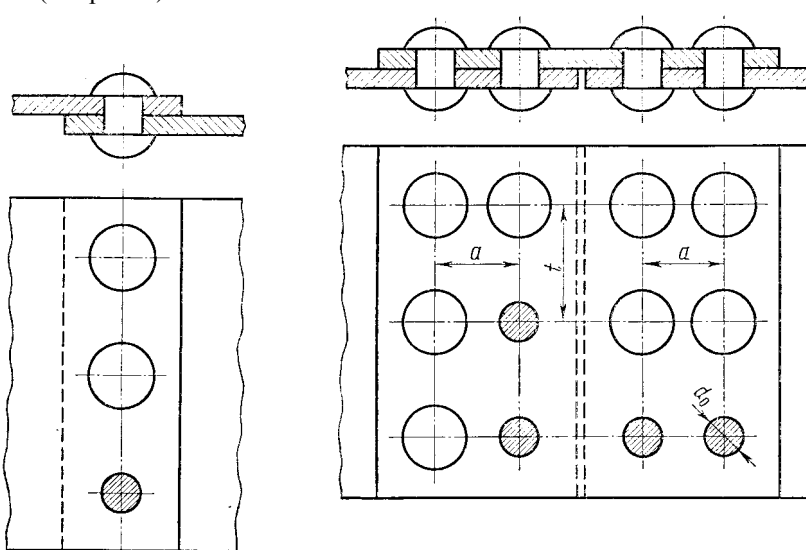


Рисунок 3- Однорядный односрезный заклепочный шов внахлестку

Рисунок 4 - Двухрядный односрезный параллельный заклепочный шов с одной накладкой шов внахлестку

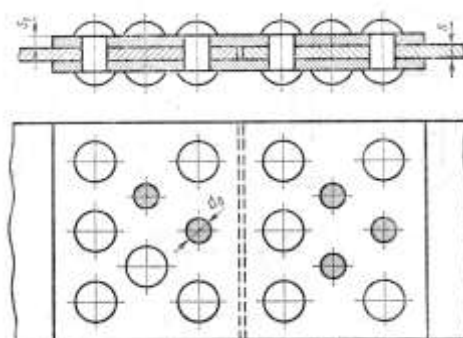


Рисунок 5 -Многорядный двухсрезный шахматный заклепочный шов с двумя накладками

Основными материалами склепываемых деталей являются малоуглеродистые стали Ст. О, Ст. 2, Ст. 3, цветные металлы и их сплавы.

Правила выполнения заклепочных соединений:

1. Заклепки в шве располагают так, чтобы ослабление соединяемых деталей отверстиями было наименьшим.
2. Во избежание возникновения изгиба соединяемых деталей заклепки располагают на оси, проходящей через центр тяжести склепываемых деталей или симметрично относительно этой оси (рис. 6).
3. Не рекомендуется в одном шве применять заклепки разных диаметров.
4. Для предотвращения поворота соединяемых деталей относительно друг друга, число заклепок в шве принимают не менее двух, т. е. $z = 2$.

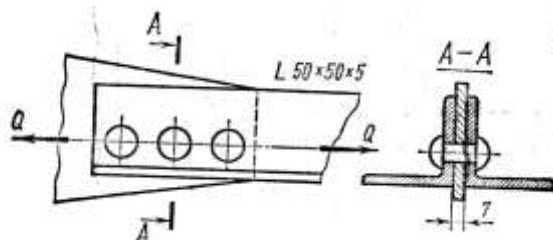


Рисунок 6 - Пример клепаной конструкции

Требования к материалу заклепки:

1. Высокая пластичность для облегчения процесса клепки.
2. Одинаковый коэффициент температурного расширения с материалом деталей во избежание дополнительных температурных напряжений в соединении при колебаниях температуры.
3. Однородность с материалом склепываемых деталей для предотвращения появления гальванических токов, сильно разрушающих соединения. Для стальных деталей применяются только стальные заклепки, для дюралюминиевых - алюминиевые, для медных - медные.

Заклепки изготавливают на высадочных автоматах из прутков малоуглеродистых сталей Ст. 2, Ст. 3, 10кп, 20кп, из сплавов цветных металлов Л62, М3, АД1 и др.

Достоинства заклепочных соединений:

1. Высокая надежность соединения.
2. Удобство и надежность контроля качества шва.
3. Хорошая сопротивляемость вибрационным и ударным нагрузкам.

Недостатки заклепочных соединений:

1. Высокая стоимость, так как процесс получения заклепочного шва состоит из большого числа операций (разметка, продавливание или сверление отверстий, нагрев заклепок, их закладка, клепка) и требует применения дорогостоящего оборудования (станки, прессы, клепальные машины).
2. Большой расход материала, так как из-за ослабления деталей отверстиями под заклепки требуется увеличение площади сечений. Кроме того, необходимость применения накладок и прочих дополнительных элементов также приводит к увеличению расхода материала.

В настоящее время заклепочные соединения применяют:

1. В конструкциях, воспринимающих значительные вибрационные и ударные нагрузки при высоких требованиях к надежности соединения.
2. При изготовлении конструкций из несвариваемых материалов (дюралюминий, текстолит и др.).
3. В соединениях окончательно обработанных деталей, в которых применение сварки недопустимо из-за их коробления при нагреве.

В современном машиностроении область применения заклепочных соединений все более сокращается по мере совершенствования методов сварки.

Оценка функционирования. Основной критерий работоспособности прочных заклепочных швов – прочность. Расчет на прочность заклепочных швов основан на следующих допущениях: 1. Силы трения на стыке деталей не учитывают, считая, что вся нагрузка передается только заклепками. 2. Расчетный диаметр заклепки равен диаметру отверстия d_0 . 3. Нагрузка между заклепками распределяется равномерно.

Рассмотрим простейший заклепочный шов – однорядный односрезовый внахлестку (рис. 7).

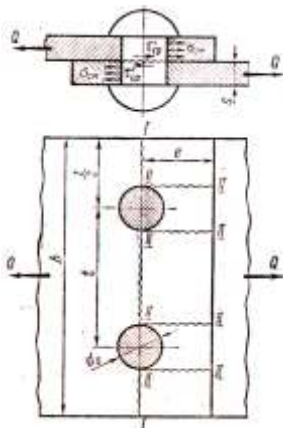


Рисунок 7 - Однорядный односрезовый заклепочный шов

При нагружении шва осевой силой Q детали (листы) стремятся сдвинуться относительно друг друга. При этом условия прочности элементов шва имеют следующий вид:

а) *На смятие* поверхностей заклепок и стенок отверстий

$$\sigma'_{см} = \frac{Q}{s \cdot d_0 \cdot z} = [\sigma'_{см}], \quad (1)$$

где s - меньшая из толщин склепываемых деталей в мм; d_0 - диаметр отверстия под заклепку; z - число заклепок; $\sigma'_{см}$ и $[\sigma_{см}]$ - расчетное и допускаемое напряжения на смятие в Н/мм² для менее прочного из контактирующих материалов, т. е. для деталей или для заклепок (см. ниже табл. 2).

б) *На срез* заклепок

$$\tau'_{ср} = \frac{Q}{i \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot z} \leq [\tau'_{ср}], \quad (8.2)$$

где i - число плоскостей среза одной заклепки (на рис. 7 $i = 1$); $\tau'_{ср}$ и $[\tau'_{ср}]$ - расчетное и допускаемое напряжения на срез в Н/мм² для заклепок (табл. 2).

в) *На растяжение* в деталях (см. сечение I-I на рис. 7)

$$\sigma_p = \frac{N}{s \cdot (t - d_0) \cdot m} \leq [\sigma_p],$$

здесь N - продольная сила, возникающая в том сечении, где определяется σ_p (на рис. 7 в сечения I-I $N=Q$); t - шаг шва в мм; m - число отверстий в сечении, в котором определяется σ_p (на рис. 7 $m = 2$); σ_p и $[\sigma_p]$ - расчетное и допускаемое напряжения на растяжение в Н/мм² для соединяемых деталей (табл. 2).

г) *На срез* края детали одновременно по двум сечениям II-II (см. рис. 7).

Поскольку распределение напряжений среза в указанных сечениях весьма сложно, то для надежности расчета принимают, что срез может произойти по длине $(e - d_0/2)$:

$$\tau_{ср} = \frac{Q_0}{2 \cdot s \cdot (e - d_0/2)} \leq [\tau_{ср}],$$

где $Q_0 = Q/z$ - усилие, приходящееся на одну заклепку; $\tau_{ср}$ и $[\tau_{ср}]$ - расчетное и допускаемое напряжения на срез в Н/мм² для соединяемых деталей (табл. 2).

На практике при расчете прочных заклепочных швов пользуются следующими **соотношениями**, полученными совместным решением приведенных выше уравнений при условии равнопрочности всех элементов шва:

1. Диаметр отверстий под заклепки для швов внахлестку (см. рис. 7) или с одной накладкой (см. рис.4) $d_0 \approx 2 \cdot s$
2. Шаг заклепочного шва (см. рис. 7) $t = (3 \div 6) \cdot d_0$

3. Расстояние от края детали до оси заклепки (см. рис. 7) при продавленных отверстиях $e = 2 \cdot d_0$, при сверленных отверстиях $e = 1.65 \cdot d_0$
4. Расстояние между рядами заклепок (см. рис. 4) $a \geq 0.6 \cdot t$
5. Толщина накладок (см. рис. 5) $s_1 = 0.8 \cdot s$

Необходимое число заклепок z определяют расчетом из условия прочности на смятие и срез по формулам (1) и (2).

Допускаемые напряжения для прочных и плотных швов различны.

В табл. 2 приводятся допускаемые напряжения для прочных стальных заклепочных швов в зависимости от марки стали, характера нагрузки и способа изготовления отверстий под заклепочных швов

Таблица 2

Допускаемые напряжения для прочных стальных заклепочных швов при статической нагрузке

| Элемент шва | Вид деформации и напряжения | Способ изготовления отверстия | Допускаемые напряжения, H/mm^2 | |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------|
| | | | Ст. 2 | Ст. 3 |
| Склепываемые детали | Растяжение $[\sigma_p]$ | - | 140 | 160 |
| | Срез $[\tau_{cp}]$ | - | 90 | 100 |
| Заклепки | Срез $[\tau'_{cp}]$ | Продавливание | 100 | 100 |
| | | Сверление | 140 | 140 |
| | Смятие $[\sigma'_{cm}]$ | Продавливание | 240 | 280 |
| | | Сверление | 280 | 320 |

Примечание. При действии переменных нагрузок допускаемые напряжения уменьшают на 10 - 25%.